

I. *Ueber das Dellmann'sche Elektrometer;*
von R. Kohlrausch in Rinteln.

§. 1.

Das Bedürfnis, geringe Spuren von Reibungselektricität nicht nur nachweisen zu können, sondern selbst der Dichtigkeit nach zu bestimmen, hat mehrfach die Bestrebungen der Physiker dahin geleitet, Instrumente zu construiren, welche mit der Sicherheit der Coulomb'schen Drehwaage eine grössere Empfindlichkeit verbanden. Peltier ¹⁾, Oersted ²⁾, Dellmann ³⁾ und Romershausen ⁴⁾ haben solche Instrumente bekannt gemacht. Alle kommen darin überein, daß ein sehr beweglicher horizontaler Hebel von einem neben ihm befindlichen, feststehenden und ebenfalls horizontalen Arme nach Mittheilung der Elektricität in horizontaler Drehung abgestoßen wird, — daß dieser Abstossung eine andere, mit der GröÙe des Ausschlagswinkels wachsende Kraft entgegenwirkt, — und daß endlich aus der GröÙe dieses Winkels auf die Quantität der mitgetheilten Elektricität geschlossen werden soll.

Bei Peltier ruht der bewegliche Hebel auf einer Spitze, und nur auf den einen Arm wirkt die abstossende Kraft, da der andere kurz ist und ein Gegengewicht trägt; als Gegenkraft ist die Richtkraft eines kleinen Magneten benutzt, welcher an diesem Hebel angebracht ist.

Oersted verändert dieses Elektrometer ein Weniges.

1) *Annales de chim.*, Tom. LXII, p. 422.

2) Poggendorff's Annalen, Bd. 53, S. 612.

3) Ebendasselbst, Bd. 55, S. 301; Bd. 18, S. 49; Programm des Gymnasiums zu Kreuznach vom Jahre 1842.

4) Poggendorff's Annalen, Bd. 69, S. 71.

Der metallene Hebel hängt bei ihm an einem Coconfaden, trägt ebenfalls einen schwachen Magneten, wird aber nicht von einem horizontalen festen Drahte abgestoßen, sondern von den Enden eines bogenförmig gekrümmten Metallbügels, dessen Ebene vertical gestellt ist. Hier wird freilich auf beide Arme des Hebels in gleichem Sinne abstossend gewirkt, dagegen fällt die Wirkung der Elektrizität in dem oberen Theile des Bügels fast ganz weg. Ausserdem hat man es mit zwei Gegenkräften zu thun, der Richtkraft des Magneten und der Torsionskraft des Coconfadens.

Dellmann hat eine glückliche Veränderung mit dem Oersted'schen Elektrometer vorgenommen, indem er statt des abstossenden Metallbügels einen horizontalen Metallstreifen anbringt, den beweglichen Hebel aber in der Mitte mit einem Bügel versieht, so daß seine Arme auf den beiden Seiten dieses Streifens schweben und sich der Länge nach anlegen können. Den Magneten läßt er weg, und bedient sich zum Maasse der Abstossung bloß der Torsionskraft des Coconfadens ¹⁾).

Romershausen giebt, abgesehen von den Vorrichtungen zum Auffangen der Luftpotelektrizität, zu deren Beobachtung er das Elektrometer aufstellt, im Wesentlichen nur das Dellmann'sche Instrument. Statt des unpractischen Bügels im beweglichen Hebel ist dieser bei ihm gerade, und senkt sich in einen Ausschnitt des festen horizontalen Streifchens.

Die letzteren drei Instrumente sind, so weit bisher ihre Theorie gegeben ist, bloße Elektroskope. Dellmann hat die Hoffnung, das seinige zu quantitativen Bestimmungen brauchbar zu machen, in dem citirten Programme ausgesprochen, bis jetzt indessen, so viel mir bekannt geworden ist, darüber noch keine weiteren Mittheilungen veröffentlicht. Da nun sein Instrument, nach meinen Erfahrun-

- 1) Eine besondere Empfindlichkeit giebt er dem Instrumente durch seinen sogenannten Querdraht. Da indessen in diesem Aufsätze zunächst von dieser Einrichtung keine Rede seyn wird, so unterlasse ich es, denselben hier weiter zu erwähnen.

gen, eines hohen Grades der Vervollkommnung fähig ist, und dann eine ungemeine Bequemlichkeit im Gebrauche verstattet, so ist es vielleicht für die Elektrometrie von einigem Nutzen, die Theorie dieses Instruments zu geben und die bei seiner Vervollkommnung gemachten Erfahrungen mitzutheilen, zumal diese Erfahrungen für diejenigen Instrumente, bei welchen durch die Torsion eines Fadens eine sehr geringe abstoßende oder anziehende Kraft gemessen werden soll, von einigem Interesse seyn möchten.

§. 2. Beschreibung des Apparates.

Einiger Namen wegen, welche im Folgenden öfters gebraucht werden müssen, ist es nöthig, den schon mehrfach beschriebenen Apparat abermals kurz zu beschreiben; auch hat der von mir angewendete einige besondere Einrichtungen, ohne deren vorhergegangene Angabe ich in Verlegenheit kommen würde, mich kurz auszudrücken.

Auf Tafel V, Fig. 1 befindet sich eine Abbildung in halber Gröfse.

- 1) *a, a* ist ein dünnes Metallstreifchen (Silber) mit zwei kleinen Füßen auf den Schelllacksäulen *b, b* befestigt, welche ihrerseits vom Glasrohre *c, c* getragen werden. Dieses Rohr läßt sich durch den aufsen befindlichen Hebel *d, d* heben und senken, doch ist diese Bewegung durch die Stellschrauben *e* und *f* in bestimmte Gränzen einzuschließen. Damit bei diesem Heben und Senken keine Elektrizität erregt werde, steckt das Rohr *c* in einem andern Glasrohre, welches in eine fest mit dem Gehäuse verbundene Messinghülse eingekittet ist. Es muß sehr genau in ihm passen, damit die äußere Luft von der inneren geschieden ist. Durch eine besondere Vorrichtung *t* ist jede seitliche Drehung des Streifchens bei seinen Bewegungen vermieden.
- 2) In dem Glasrohre *c* läßt sich ein zweites Glasröhrchen *h* (durch einen ähnlichen, in der Figur 1 aber nicht gezeichneten Hebel, welcher die in Charnieren beweglichen Drähte *g, g* faßt) auf und nieder bewegen. Dieses

Röhrchen trägt den *Zuleitungsdraht* m , m . Derselbe ist in den Enden des Glasrohrs mit möglichst wenig Schelllack festgekittet, so daß er dessen Wände nicht berührt, läuft oben in eine federnde Spirale aus, unten in ein Knöpfchen. Wird er durch seinen Hebel gehoben, so drückt sich die Spirale an das Streifchen, welches zu dem Ende unten eine kleine Scheibe trägt; wird er gesenkt, so ist das Streifchen isolirt. Auch hier ist die Bewegung durch Stellschrauben in bestimmte Grenzen einzuschließen; das obere Ende der Spirale steht bei der niedrigsten Stellung einige Linien vom Streifchen ab.

- 3) An dem, unten in einen Schelllackfaden auslaufenden, Glasfaden i hängt ein feiner, gerader metallener *Waagebalken*. Er senkt sich mit seiner Mitte in einen Ausschnitt des Streifchens, so daß er, da die beiden Arme des letzteren demgemäß (Taf. V, Fig. 2) ausgebogen sind, an diese Arme mit seinen beiden Hälften sich der Länge nach anlegen kann. Von dem Boden des Ausschnitts im Streifchen steht der Waagebalken etwa 0,1 bis 0,2 Linien ab, wenn das Streifchen gesenkt ist; wird es gehoben, so berührt es die Mitte des Waagebalkens.
- 4) Ein getheilter Kreis k , k befindet sich unter dem Streifchen, und ist so gestellt, daß der Durchmesser, welcher den Nullpunkt trifft, genau mit der Richtung des Streifchens übereinstimmt. Da das ganze Gehäuse, worin diese Theile eingeschlossen sind, zur Verminderung der Luftströmungen, aus dickem Metall besteht, und nur ein Deckel aus Spiegelglas l , l das zur Aufnahme des Glasfadens bestimmte Glasrohr trägt, so muß der Winkel, unter welchem sich Waagebalken und Streifchen kreuzen, von oben abgelesen werden. Die Genauigkeit, mit welcher dieses durch Hülfe eines mit einer Marke versehenen schwach convexen Glases q und eines beweglichen Diopters o geschieht, reicht bis auf mindestens 0,2 Grad oder 12 Minuten.
- 5) Das Instrument steht mit 3 Stellschrauben s , von de-

nen nur eine gezeichnet ist, auf einem massiven eisernen Gestelle, Fig. 3, Taf. V. An diesem sind mit Charnieren zwei Hebel befestigt, durch welche die zur Bewegung der Glasröhrchen bestimmten Hebel dauernd, ohne also die Hände zu beschäftigen, herabgedrückt werden können. Eben so trägt das Gestell einen in einem Charniere beweglichen Draht, welcher zur Entladung an den Zuleitungsdraht m gelegt werden kann.

- 6) Der Glasfaden, an welchem der Waagebalken hängt, wird oben von einer Vorrichtung wie bei der Coulomb'schen Drehwaage getragen. Zunächst ist er in der Axe eines dicken Stahldrahtes n befestigt, welcher seinerseits den Zeiger z trägt. Dieser Zeiger sitzt so auf seinem Träger, daß er mit der Richtung des Waagebalkens genau übereinstimmt, wenn auf diesen keine Kraft drehend wirkt (§. 20). Der unter dem Zeiger angebrachte getheilte Kreis p ist zu dem unteren Kreise k, k symmetrisch gestellt, so daß die gleichen Zahlen gerade übereinander liegen. Stellt man also den Zeiger auf Null, so muß sich der Waagebalken an das Streifchen ohne Torsion anlegen.

§. 3. Gebrauch des Apparats.

Man kann den Apparat genau wie die Coulomb'sche Drehwaage gebrauchen; folgender Gebrauch ist aber der bequemste.

- 1) Man stellt den Waagebalken rechtwinklig zum Streifchen, indem man den Zeiger auf 90° dreht (wobei es auf 5° Ungenauigkeit nicht ankommt), hebt Streifchen und Zuleitungsdraht, und theilt letzterem Elektrizität mit. Da die drei Körperchen jetzt in (metallischer) Berührung sind, verbreitet sich die Elektrizität auf ihnen.
- 2) Man hebt diese Berührung auf, indem man zuerst den Zuleitungsdraht und dann das Streifchen senkt. An die äußere Luft kann jetzt von dem Streifchen und Waagebalken keine Elektrizität übergehen, so daß der Elek-

tricitätsverlust nur in der durch Schwefelsäure getrockneten Luft des Apparates stattfindet ¹⁾).

3) Jetzt stellt man den Zeiger auf Null, und bekommt nach kurzem Schwanken des Waagebalkens einen bestimmten Winkel zwischen diesem und dem Streifchen, welcher der *Ausschlagswinkel* heißen mag. Aus besonderen Gründen verringert sich durch den Elektricitätsverlust dieser Winkel im Zeitraum von einer Stunde erst um 6 bis 8 Grad, so daß also, da er eine Minute nach Mittheilung der Elektricität abgelesen werden kann, der durch den Verlust hervorgebrachte Fehler innerhalb der sonstigen und nicht zu vermeidenden Beobachtungsfehler fällt.

4) Da Luftströmungen im Innern des Apparats immer zu vermuthen sind, erfordert der Ausschlagswinkel eine Correction. Man entladet zu dem Ende den Apparat, indem man das Streifchen hebt und an den ebenfalls gehobenen Zuleitungsdraht den im §. 2, 5 erwähnten Entladungsdraht legt. Nach 1 bis 2 Minuten (je nach der Spannung der mitgetheilten Elektricität) senkt man das Streifchen wieder, stellt durch Regulirung der Torsion den Waagebalken ungefähr auf den vorigen Ausschlagswinkel, und entnimmt aus der Differenz zwischen seinem Stande und dem des Zeigers z die Drehungsgröße des Luftstroms.

5) Nachdem durch den Gebrauch der Tabelle III (§. 10) der Ausschlagswinkel von dem Einflusse der Luftströmung befreit ist, entnimmt man den elektrischen Werth für denselben aus der Tabelle II (§. 9). Die ganze Procedur ist in 3 bis 4 Minuten beendigt.

6) Zur Prüfung der Art der Elektricität hebt man nach der Bestimmung des Ausschlagswinkels den Zuleitungsdraht bis zur Berührung mit dem Streifchen, und nähert von unten allmählig eine schwach elektrisirte Lackstange oder Zinkscheibe. Je nach der Art der Elektricität wird sich

1) Die Säure befindet sich in dem ringförmigen flachen Glasgefäße r , r .

nun der Ausschlagswinkel vergrößern oder verkleinern
u. s. w.

Anmerkung. Der Waagebalken wird hauptsächlich deshalb bei der Mittheilung der Elektrizität rechtwinklig zum Streifchen gestellt, weil dieß die günstigste Stellung für eine möglichst grofse Aufnahme der dargebotenen Elektrizität ist. Bei dieser Stellung geht, wenn man z. B. den Pol einer galvanischen Säule mit dem Zuleitungsdraht verbindet, ein $\frac{4}{\pi}$ Mal so grofses Quantum in meinen Apparat über, als wenn der Waagebalken der Länge nach am Streifchen anliegt, womit natürlich die Empfindlichkeit, d. h. der Ausschlagswinkel, wächst. Aber noch ein anderer Grund ist vorhanden, weshalb es nicht gut ist, den Waagebalken während der Elektrizitätsmittheilung an das Streifchen anzulegen. Seine Enden adhären immer mehr oder weniger an dem Streifchen, so dafs selbst die Abstofsung geringer elektrischer Spannung nicht hinreicht die Körper zu trennen. Wendet man aber etwas dichtere Elektrizität an, so ereignet es sich häufig, dafs eines der Enden nach der Mittheilung los läfst, während das andere noch haftet. Nun wird das freie Ende, wie das bei einem langen Glasfaden und dem geringen Gewichte des Waagebalkens leicht erklärlich ist, etwas zur Seite gedrängt, und somit nimmt das ganze System der Körper mehr von der mitgetheilten Elektrizität auf, als sonst geschehen würde. Ereignet es sich gar, dafs durch die Heftigkeit der elektrischen Abstofsung der Waagebalken an beiden Enden abgestofsen ist, bevor man den Ueberträger von dem Zuleitungsdrahte entfernt hat, so tritt noch mehr Elektrizität in das Streifchen, und der Ausschlagswinkel wird noch gröfser. Die hieraus entstehenden Fehlerquellen werden bei der oben bezeichneten Art zu experimentiren vermieden. Nicht nur die Erfahrung, sondern auch ein Blick auf die weiter unten zu erklärende Tabelle I (§. 8) lehren, dafs die genaue Stellung des Waagebalkens auf 90° , während man die Elektrizität mittheilt, überflüssig sey.

§. 4. Vergleichung des Apparats mit der Coulomb'schen Drehwaage.

Es wäre thöricht ein neues Instrument einführen zu wollen, so lange ein anderes verbreitet ist, welches dieselben Dienste leistet. Um also die lange Monographie des Dellmann'schen Apparats zu rechtfertigen, vergleiche ich ihn rücksichtlich der Empfindlichkeit und Sicherheit mit der Coulomb'schen Drehwaage, und bemerke zum Voraus, daß beide Instrumente ihren eigenthümlichen Wirkungskreis haben, außerhalb dessen das eine die Dienste des anderen gar nicht oder nur kümmerlich versehen kann.

Da es in unserer Macht steht, durch Verlängerung des Fadens, an welchem der Hebel einer Coulomb'schen Drehwaage hängt, die Torsionskraft beliebig zu verringern, so scheint es, als könnten wir die Empfindlichkeit derselben beliebig steigern. Die Praxis zieht hier aber ziemlich bestimmte Gränzen durch den Umstand, daß weder das Gewicht des Hebels noch seine Oberfläche in jedem beliebigen Verhältnisse zu der Torsionskraft des Fadens stehen können. Ist bei ganz feinem Faden das Gewicht des Hebels so bedeutend, daß seine durch die Torsionsregulirungen hervorgebrachte Bewegung rücksichtlich ihrer Größe den Widerstand der Luft um ein Bedeutendes überwiegt, so werden endlose Schwankungen entstehen, welche der Beobachtung hinderlich sind. Diefes hat man jedoch bei der Anwendung eines dünnen Scheibchens am Ende des Hebels so leicht nicht zu befürchten; es tritt vielmehr bei zu geringer Torsionskraft des Fadens gewöhnlich der Fall ein, daß der Widerstand der Luft gegen die Bewegung so bedeutend wird, daß der Hebel nur höchst schwierig und langsam den Torsionsveränderungen folgt. Dadurch wird es dann sehr lästig, ihn vor der Mittheilung der Elektrizität auf einen bestimmten Stand zu bringen, und diesen Stand nachher durch die Regulirung der Torsion wieder zu erreichen. Ausnehmend erschwert und unsicher gemacht wird dies aber durch folgenden Umstand.

Je geringer die Torsionskraft des Fadens genommen wird, d. h. je kleinere abstossende Kräfte wir messen wollen, in ein desto gröfseres Verhältnifs zu ihnen tritt die drehende Kraft der im Innern des geschlossenen Gefäfses fast unabweislich circulirenden Luftströmungen. Bei der Coulomb'schen Drehwaage bieten der Schelllackhebel und die an seinem Ende angebrachte Scheibe oder Kugel, auch wenn sie im zartesten Maafsstabe ausgeführt sind, dem Winde immer eine ziemlich bedeutende Fläche dar, so dafs es wohl zu begreifen ist, wie der Hebel eines solchen Instruments, wenn man fortfahren wollte die Torsionskraft des Fadens immer mehr zu verringern, zuletzt eine recht brauchbare Windfahne wird, zu elektrischen Messungen aber nicht mehr geeignet erscheint. Die beständigen Veränderungen in der Stärke des Luftstroms lassen nämlich einen solchen Hebel, wie ich mich oft zu überzeugen Gelegenheit hatte, nie zur Ruhe kommen, so dafs schon die Körperwärme des Beobachters zu bedeutenden Schwankungen Veranlassung wird. Nun kann man freilich durch mancherlei Schutzmittel (§. 22) den Einflufs der Luftbewegung schwächen, doch haben auch diese Mittel ihre Gränze, und die besten reichen nicht aus, ihn ganz zu entfernen.

Somit ist es wohl klar, dafs die Empfindlichkeit der Coulomb'schen Drehwaage an bestimmte Gränzen gebunden ist. Ueberschreiten wir diese Gränzen, nehmen wir zu grofse Scheibchen, um ein gröfseres Elektrizitätsquantum in Thätigkeit zu setzen, oder bedienen wir uns eines zu langen und feinen Fadens, so erfordert die Beobachtung nicht nur eine unverhältnifsmäfsige Zeit, wegen der äufserst langsamen Bewegung des Hebels, sondern leidet auch durch die Veränderlichkeit der Luftströmung sehr an Genauigkeit. Beim Dellmann'schen Apparate stellt sich in dieser Beziehung ein weit günstigeres Resultat. Auf den feinen und an beiden Armen ganz gleichen Waagebalken wirken die Luftströmungen bei weitem weniger, und der Widerstand der Luft gegen seine Bewegungen wird so klein, dafs er eine schlanke Folgsamkeit gegen geringe Torsionsveränderungen zeigen kann.

Vergleichen wir nun beide Apparate rücksichtlich ihrer Empfindlichkeit, so zeigt eine einfache Betrachtung ihrer Einrichtung, daß man, wenn die Elektrizitätsquelle reich, die Spannung der Elektrizität aber sehr gering ist, des Dellmann'schen Apparats sich bedienen muß, daß aber die Coulomb'sche Drehwaage bessere Dienste leisten wird, wenn die Quelle arm, aber von nicht unbedeutender Spannung ist.

Um hierüber einige vergleichende Zahlen zu erhalten, verwandelte ich einen schon länger gebrauchten Dellmann'schen Apparat, nachdem ich das Streifen herausgenommen, in eine Coulomb'sche Drehwaage. An demselben Glasfaden, welcher den Waagebalken vorher getrag enhatte, 21 Zoll lang und so fein war, daß er sich, wenn man einen Knoten in ihn zu schlingen versuchte, zu einem Kreise von 0,3 Linien Durchmesser zusammenziehen liefs, ohne zu brechen, befestigte ich einen Schelllackhebel von äußerster Feinheit, welcher an seinem anderthalb Zoll langen Arme ein kreisförmiges Silberblättchen von $2\frac{3}{4}$ Par. Lin. Durchmesser trug. Durch ein Loch in dem Glasdeckel ward das andere eben so große Scheibchen in den Apparat gebracht. Es befand sich an einer $2\frac{1}{2}$ Zoll langen Lackstange, die ihrerseits unter einer kleinen Glasplatte befestigt war, welche bei dem Versuche das Loch im Deckel bedeckte. An diese Glasplatte war ein Holzstab gekittet, und mit solchen Vorrichtungen versehen, daß er immer wieder genau auf dieselbe Weise an einem Brette befestigt werden konnte, welches durch gute Charniere mit einem neben dem Apparate befindlichen schweren Klotze verbunden war. So konnte das Probescheibchen an dem Holzstabe frei gehandhabt und schnell wieder genau auf dieselbe Stelle in den Apparat gebracht werden. Ich beobachtete nun auf die gewöhnliche Weise, indem ich vor und nach der elektrischen Mittheilung den Abstand von 5 Grad zwischen den Scheibchen hervorbrachte, dabei aber noch die Vorsicht gebrauchte, genau zu beobachten, ob wirklich das herausgenommene Scheibchen genau seinen vorigen Platz wieder erhalten hatte.

Mit dieser Drehwaage und zugleich mit einem andern

Dellmann'schen Apparat, welcher früher mit dem jetzt zur Drehwaage umgewandelten zugleich benutzt, und rücksichtlich der Empfindlichkeit oft verglichen worden war, stellte ich nun folgende Versuche an, bei deren Angabe ich noch bemerke, daß die bei dem Dellmann'schen Apparate gegebenen Zahlen auf die Torsionskraft des in der Coulomb'schen Drehwaage befindlichen Glasfadens reducirt sind.

- 1) Die Luftströmungen waren in der Coulomb'schen Drehwaage von ungefähr doppelt so großer Einwirkung als bei dem Dellmann'schen Apparat, jedoch immer noch erträglich, und bei den sehr günstigen Temperatur- und Strahlungsverhältnissen, unter welchen die Versuche angestellt wurden, bei weitem nicht so lästig als die langsame Bewegung des Hebels.
- 2) Ward der Pol einer Säule von 48 Elementen, deren anderer Pol gut abgeleitet war, und welche (§. 12) eine sehr constante Spannung zeigte, mit dem Dellmann'schen Apparate verbunden, so ergab sich ein Ausschlagswinkel von $40''$, so daß man, um den Waagebalken dem Streifen auf 5° zu nähern, 287° Torsion hätte anwenden müssen. Als das Ende desselben ziemlich dünnen Polardrahts mit der Kante des Scheibchens der Coulomb'schen Drehwaage berührt wurde, ergab das Mittel der Versuche nur 18° Torsion.
- 3) An dem Ende eines langen Stabes hing an einem Seidenfaden eine Messingkugel von 22 Linien Durchmesser, welche immer wieder mit genau demselben Elektrizitätsquantum geladen werden konnte ¹⁾. Diese Ku-

1) Durch den Pol der Säule konnte dieses hier nicht geschehen, weil dessen schwache Spannung, wie oben im Verlaufe sich ergeben wird, für die Abstossung in der Coulomb'schen Drehwaage nicht ausreichte. Ich will aber hier eine Methode angeben, wie man einen größeren isolirten Leiter genauer als mit Hülfe des gewöhnlichen Goldblattelektrometers bis zu einer bestimmten Spannung laden kann. Es dient dazu ebenfalls der Dellmann'sche Apparat in etwas anderer Form. Man nimmt statt des Metallgehäuses ein cylindrisches Glas, und führt durch dessen durchbohrte Seitenwand das Streifen ein, läßt dieses aber außen etwa 2 Zoll vorragen. Das Streifen braucht dabei keinen Ausschnitt zu bekommen,

gel ward das eine Mal an den Zuleitungsdraht des Dellmann'schen Apparats gebracht, und die Torsion bestimmt, welche erforderlich war, den Waagebalken auf 5° zu stellen; das andere Mal ward sie mit der Kante der Scheibe der Coulomb'schen Drehwaage berührt und die Torsion gemessen, welche demselben Winkel entsprach. — Die abstossende Kraft im Dellmann'schen Apparate erwies sich hierbei ungefähr 40 Mal so groß als bei der Coulomb'schen Drehwaage.

- 4) Von einem großen isolirten und elektrisirten Leiter ward mit der Scheibe der Drehwaage Elektrizität an den Zuleitungsdraht des Dellmann'schen Apparats übertragen; dann ward nach abermaliger Berührung des Leiters die Scheibe in ihren Apparat gebracht. — Die abstossende Kraft war jetzt in der Coulomb'schen Drehwaage größer, und verhielt sich zu der im anderen Apparate ungefähr wie 37 : 1.

Die Gründe dieser Ergebnisse liegen nun wohl auf der

sondern man wendet einen Waagebalken an, welcher ein wenig gekrümmt ist und zum Visiren an den Enden kleine angeschmolzene Kügelchen trägt. Der getheilte Kreis ist auf das Glas rund herum mit dem Diamanten aufgeschnitten, doch genügen zur Noth auch einzelne Striche als Marken. Den Glasfaden nimmt man so kurz und stark, daß die Luftströmungen keinen Einfluß mehr äußern. — Stellt man den Waagebalken in einem Winkel von etwa 10° zum Streifen, und theilt diesem Elektrizität mit, so wird er, wenn er oben nahe genug über dem Streifen herläuft, durch die Vertheilung abgestoßen, indem die entgegengesetzte Elektrizität in der Nähe seiner Mitte gebunden wird, die gleichartige freie und an dem längeren Hebel wirkende abstossend das Uebergewicht erhält. Der Abstosungswinkel wächst nun mit der Spannung der mitgetheilten Elektrizität. — Zu dem oben benannten Zwecke bringt man den isolirten größeren Leiter außen in Berührung mit dem Streifen, und kann, wenn man ein isolirtes, auf Vollen geriebenes Zinkscheibchen zum allmähigen Elektrisiren anwendet, ein etwa entstandenes Uebermaß aber mit kleinen isolirten Leitern entfernt, mit Leichtigkeit immer wieder denselben Abstosungswinkel hervorbringen. — Ich glaube, daß dieses Instrument einer bedeutenden Vervollkommenung fähig wäre, wenn man es als eigentliches Elektrometer einrichten und zu diesem Zwecke den Waagebalken mit einem Spiegel nach Art der Magnetometer versehen wollte.

Hand. Der Dellmann'sche Apparat nimmt von einem ihm dargebotenen Elektrizitätsquantum einen bei weitem größeren Theil in sich auf als das Scheibchen der Drehwaage. So geht z. B. von dem Quantum, welches sich auf der besprochenen Messingkugel von 22 Linien Durchmesser befindet, $\frac{1}{3}$ in den bei diesen Versuchen benutzten Dellmann'schen Apparat über, während von dem übergegangenen Quantum $\frac{1}{2}$ sich in dem Streifchen nebst Waagebalken befinden, so daß also, wenn wir für den Fuß des Streifchens ein Ungefährtes in Abrechnung bringen, immerhin $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{5}$ der gesammten, vorher auf der Kugel befindlichen, Elektrizitätsmenge jetzt zur Abstofsung des Waagebalkens verwendet wird.

Von dem Ende eines dünnen Polardrahtes konnte das Scheibchen der Drehwaage bei gleicher Spannung der Elektrizität ein größeres Quantum aufnehmen als von der Kugel. Ward in letztere ein hervorragender Draht von einigen Zollen Länge gesteckt, so nahm auch von dessen Ende die Scheibe viel mehr auf als von der Fläche der Kugel.

Die vierte Erscheinung ist eben so klar. Das auf dem Scheibchen befindliche Quantum ward in der Drehwaage auf vortheilhafte Weise zur Abstofsung benutzt; berührte man aber mit dem Scheibchen den Dellmann'schen Apparat, so ging seine Elektrizität freilich zum größten Theile in diesen über, hatte sich aber auf dem Zuleitungsdraht, dem Streifchen und dem Waagebalken, also über eine solche Fläche zu verbreiten, daß die Dichtigkeit der elektrischen Schicht außerordentlich gering werden mußte.

Nach Art der Untersuchung, welche man anzustellen hat, wird man sich also des einen oder des anderen Instruments bedienen müssen. Kann man nur ganz kleine Ueberträger anwenden, so ist die Coulomb'sche Drehwaage weit empfindlicher, namentlich wenn man ihr Scheibchen direct als Ueberträger gebraucht; können aber, oder müssen vielleicht die Ueberträger von bedeutenderer Größe genommen werden, wie z. B. bei der Cavallo'schen Methode zur Messung der Luftelektrizität, oder hat man es gar mit

unendlich reichen Quellen wenig intensiver Elektricität zu thun, z. B. mit Säulen, so leistet der Dellmann'sche Apparat noch vortreffliche Dienste, wenn die Coulomb'sche Drehwaage uns schon lange im Stiche gelassen hat.

§. 5.

Die Empfindlichkeit des Dellmann'schen Apparats wäre jedoch von keinem Belange, wenn das Instrument nicht eine vollkommene deutliche Sprache führte und in seinen Angaben eine hinreichende Sicherheit verspräche.

Rücksichtlich der Sprache leuchtet wohl ein, daß das Instrument gerade wie die Coulomb'sche Drehwaage gebraucht werden kann (§. 6). Diese Art zu experimentiren ist aber unbequem, und wir müssen die in §. 3 angegebene Beobachtungsweise vorziehen, bei welcher wir den Zeiger immer auf denselben Stand stellen, und aus der Größe des Ausschlagswinkels auf die Größe der mitgetheilten Elektricität schließen. Läßt in diesem Falle der Dellmann'sche Apparat auch nicht zu, daß aus rein theoretischen Principien eine Tabelle aufgestellt werde, aus welcher das zu jedem Winkel gehörige Elektricitätsquantum herauszulesen ist, wie dieses (auch allenfalls unter Berücksichtigung der Luftströmungen) bei der Coulomb'schen Drehwaage durchgeführt werden könnte, so läßt er doch (§. 9) eine solche Tabelle aus einigen Versuchen berechnen, welche unabhängig von dem Quantum der mitgetheilten Elektricität erscheinen. Diese Tabelle wird freilich für Instrumente, welche in der Gestalt von Streifen und Waagebalken sehr verschieden sind, immer erst besonders berechnet werden müssen, für alle nach gleichen Dimensionen construirten aber dieselbe seyn.

Die Sicherheit in den Angaben des Instruments ist keine absolute, und nimmt ab, je geringer das mitgetheilte Elektricitätsquantum wird, doch bleibt sie, nach meinen Erfahrungen, nicht hinter der Sicherheit der Coulomb'schen Drehwaage zurück. Es wird zweckmäßig seyn, einige Resultate anzugeben.

Ich bediente mich zur Prüfung des Apparats einer Säule aus Zink, Kupfer und destillirtem Wasser, welche hinsicht-

lich der elektroskopischen Kraft am nicht abgeleiteten Pole sich außerordentlich constant zeigte (§. 12). Entweder ward nun der freie Pol durch einen langen Draht mit isolirender Handhabe mit dem Zuleitungsdraht verbunden, oder es ward in das letzte Gläschen ein isolirter langer Draht gestellt, und von dessen Ende durch die mehrfach erwähnte Messingkugel Elektricität an den Apparat übertragen. In beiden Fällen mußten sich die elektrischen Werthe, welche aus der Tabelle II (§. 11) entnommen wurden, wie die Anzahlen der angewendeten Elemente der Kette verhalten.

1) Der Pol der Säule ward mit dem Zuleitungsdrahte verbunden.

a) Den Grad der Schwankungen im Ausschlagswinkel, wenn dieselbe Messung wiederholt wird, sieht man aus folgenden Zahlen, welche bei 48 Elementen diesen Winkel in Graden ausdrücken: in 46,7 — 46,8 — 47 — 47. Die elektrischen Quantitäten, welche dem Apparat mitgetheilt waren, verhalten sich beim kleinsten und größten Winkel wie 548 zu 554, so daß also hier die größte Differenz $\frac{1}{54}$ der Quantität beträgt, oder etwas über die halbe Spannung am freien Pole eines einzigen Elements. Bei einer Säule von 24 Elementen zeigte sich die größte Schwankung ebenso.

Bediente ich mich der Coulomb'schen Drehwaage, indem ich mit der Kante des Scheibchens möglichst genau immer auf dieselbe Weise das Ende des Polardrahts berührte, so schwankten die Resultate zwischen 16° und 20° Torsion, ergaben also eine größte Differenz von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ der zu prüfenden Spannung. Diefes ungünstige Resultat ist theilweise auf die Veränderlichkeit der Luftströmungen zu schieben, theilweise auf die Schwierigkeit, den Polardraht immer ganz genau auf dieselbe Weise zu berühren.

Die von Dellmann ¹⁾ vorgeschlagene Coulomb'sche

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 53, S. 606.

Drehwaage, bei welcher das sonst bewegliche Scheibchen fest im Apparate steht und durch einen Zuleitungsdraht elektrisirt wird, prüfte ich ebenfalls, hatte jedoch den Zuleitungsdraht in der Art beweglich eingerichtet, dafs er von dem Scheibchen, nachdem Elektrizität mitgetheilt war, zur Verhinderung des Elektrizitätsverlustes nach Aufsen, abgedreht werden konnte. In dieser Gestalt gab, mit dem Pole der Säule verbunden, das Instrument die ziemlich bedeutende Torsion von etwa 90° für den Abstand von 5° zwischen den Scheibchen, was nicht zu verwundern ist, wenn man bedenkt, dafs hier der Zuleitungsdraht mit abstofsend wirkt, und dafs die beiden Scheibchen zusammen weit mehr Elektrizität aufnehmen als ein einzelnes, sobald ihre Flächen bei der Berührung nicht ganz genau aneinanderliegen. Die Sicherheit der Messung war bei dieser Einrichtung ziemlich bedeutend, blieb aber doch noch hinter der des Dellmann'schen Apparats um das Dreifache zurück, indem bei einer gleichen Anzahl der Versuche der grösste Fehler $\frac{1}{30}$ der zu messenden Spannung betrug.

b) Wurde beim Dellmann'schen Apparat das Mittel aus den vier Messungen bei 48 Elementen genommen und eben so das bei 24, so lieferte die Tabelle die Zahlen 5,534 und 2,765, welche sich wie 48 zu 23,98, also fast genau wie die Anzahlen der angewendeten Elemente verhalten.

Anmerkung. Bei diesen Versuchen mufs man dafür sorgen, dafs die Säule nicht unmittelbar vorher mehr oder minder vollkommen geschlossen gewesen ist (§. 12). Dann mufs man auch, wenn man genau gleiche Ausschläge bekommen will, auf die Zeit ihrer Verbindung mit dem Zuleitungsdrahte Rücksicht nehmen. Währt diese Zeit über 10 Secunden, so ist eine noch längere Dauer gleichgültig, berührt man aber den Zuleitungsdraht nur ein einziges Mal momentan, so wird der Ausschlagswinkel aus Gründen, welche weiter unten angeführt sind, durchschnittlich um etwa einen Grad zu klein.

2) Mittheilung bestimmter elektrischer Quantitäten durch Uebertragung mit der Kugel.

Es ist eine ziemlich schwierige Aufgabe, auf einem Ueberträger, z. B. der bezeichneten Kugel, immer genau dasselbe Elektrizitätsquantum aufzuhäufen. Die Genauigkeit der oben (in der Note) angegebenen Methode reicht bei weitem nicht aus, wenn es darauf ankommt zu entscheiden, ob kleine Differenzen in den Resultaten der Messung wirklich allein auf das Instrument zu schieben sind. Ich bediente mich also lieber wieder der Elektrizität der Säule, deren Spannung von Zeit zu Zeit an einem zweiten Instrumente in der vorsinnigen Weise geprüft und ganz constant befunden wurde, stiefs aber trotz dem auf Schwierigkeiten, welche ich hier aus dem Grunde anführe, weil ihre Ursache zur Erklärung einer bestimmten Unvollkommenheit des Apparats dienen wird.

Dafs man mit der Kugel den Polardraht immer genau auf dieselbe Weise berühren müsse, weil sie bei einer mehr tangentialen Berührung weniger Elektrizität aufnimmt als bei einer centralen (wo der verlängert gedachte Draht ihren Mittelpunkt schneidet); dafs der Stab während der Elektrisirung immer dieselbe Lage zur Kugel haben müsse wegen der sonst veränderlichen Gröfse der Rückbindung; dafs endlich bei der Berührung des Zuleitungsdrahts eine gleiche Rücksicht auf die Lage der Körper zu nehmen sey, ist wohl kaum nöthig zu bemerken; vielmehr jedoch kommt es auf die Art der Isolirung an. Ueber die Schwierigkeit derartiger Versuche hat sich Munck af Rosenschöld freilich bei Gelegenheit eines anderen Beispiels in seinen Untersuchungen über Vertheilung und Bindung der Elektrizität ¹⁾ ausgesprochen, und namentlich auf die »Rückwirkung« der Isolatoren hingewiesen, worunter gewifs die Einwirkung der auf dem Isolator vertheilten Elektrizität verstanden werden soll.

Auf einer frischen Schelllackscheibe wird durch Annäherung eines elektrischen Körpers nur schwierig und in geringem Maafse die Elektrizität vertheilt, mit grofser Leich-

tigkeit aber auf dem Glase. In der kürzesten Zeit wird hier schon ein bedeutendes Quantum Elektrizität gebunden, welches sich nach Entfernung der Ursache erst sehr allmählig wieder verliert. In erhöhtem Grade zeigt sich die Erscheinung, wenn das Glas nicht isolirt ist, doch tritt dann auch weit rascher der indifferente Zustand wieder ein. Hält man mit feuchten Fingern eine von Staub gereinigte Glas-tafel von einigen Quadratzollen an einer der Ecken, und nähert ihr eine auf Wolle geriebene, also schwach + elektrische Zinkscheibe bis auf $\frac{1}{2}$ Zoll nur eine Secunde lang, so giebt jetzt die Tafel, einerlei mit welcher Seite, über den Knopf eines Säulenelektroskops gehalten, einen starken negativen Ausschlag, dessen letzte Spuren sich erst nach einer halben Minute und länger verlieren, obschon die feuchte Verbindung mit dem Körper des Beobachters noch fortbesteht. Dauert die Annäherung der Zinkscheibe längere Zeit, so wird mehr Elektrizität gebunden, und verliert sich auch erst später. Ist die Tafel mit einer der Ecken an eine Schelllackscheibe gekittet, welche an einer längeren Lackstange gehandhabt wird, so erfolgt die Trennung der Elek-tricitäten langsamer, weil die freie nur schwierig über das Lack hin sich bewegen kann, es dauert aber auch sehr lange, bis der indifferente Zustand wieder eingetreten ist; eine Minute der Annäherung der Zinkscheibe reicht hin, eine halbe Stunde lang die Elektrizitäten getrennt zu erhalten; die Glastafel giebt, über den Knopf des Elektroskops gehalten, einen negativen, die Lackscheibe einen positiven Ausschlag. Berührt man jedoch das Glas einige Secunden lang mit dem Finger, so hört bei ihm die negative Wirkung auf, und es tritt jetzt nach Entfernung des Fingers allmählig und anscheinend ziemlich rasch positive Elek-tricität von dem Lack auf das Glas über. — Beim Schelllack haben wir dieselbe Erscheinung, jedoch in viel geringerem Maasse, natürlich desto weniger, je reiner seine Oberfläche ist.

Diese Umstände machen es ganz unthunlich, den Ueber-

träger mit Schelllack an das Ende eines Glasstabes zu kitteten. Eine solche Vorrichtung wirkt wie ein Condensator, nur mit der Modification, daß die Gröfse der Bindung und Rückbindung von der Zeit abhängig ist. Berührt man ungleiche Zeiten hindurch den elektrischen Körper, so wird ungleich viel Elektricität auf dem Ende des Stabes gebunden und damit proportional ein ungleiches Quantum vom Ueberträger aufgenommen. Bringt man diesen nun an das Elektrometer, so wird, je länger die Berührung dauert, desto mehr Elektricität in das Elektrometer übergehen. Im ersten Augenblicke giebt der Ueberträger nur seine freie Elektricität ab; dadurch wird ein Theil der auf dem Stabe gebundenen Elektricität seinerseits frei, und tritt allmählig von dem Ende desselben zurück, einen verhältnißmäßigen Theil der auf der Kugel rückgebundenen Elektricität entfesselnd. Was bei einem Metallstabe augenblicklich geschieht, erfolgt hier in einer sehr meßbaren Zeit. Es schützt dagegen nicht, das obere Ende des Glasstabes, sogar einen Fuß lang, mit Schelllack zu überziehen, denn die Elektricität bewegt sich zwischen dem Lack und dem Glase mit großer Leichtigkeit. Mehr schon hilft es, wenn man das untere Ende des Stabes isolirt, und noch mehr, wenn man ihn ganz mit Lack überzieht.

Der Dellmann'sche Apparat ist sehr geeignet, die Gröfsenverhältnisse rücksichtlich dieser gebundenen Elektricität und der zu der Bindung erforderlichen Zeit zu bestimmen, doch ist die Sache wohl zu bekannt, als daß es erlaubt wäre, sich länger dabei aufzuhalten. Den Einwand will ich nur noch zurückweisen, daß das Steigen in den Angaben des Elektrometers bei längerer Berührung des Ueberträgers mit der Elektricitätsquelle und dem Zuleitungsdrahte des Instruments von der Elektricität herrühren könnte, welche vom Ueberträger auf den Isolator getrieben ist, und nun von letzterem allmählig zurückkehrt. Jede Rolle bei der Erscheinung spreche ich dieser Elektricität nicht ab, schreibe ihr aber eine sehr untergeordnete zu. Davon kann man sich bald überzeugen, wenn man den Ueberträger mit

dem Finger entladet und dann schnell das obere Ende des Stabes an das Elektroskop bringt; sogleich hat man den entgegengesetzten Ausschlag.

Versucht man es mit dem an den Glasstab gekitteten Ueberträger dadurch gleiche Angaben des Instruments bei Prüfung derselben Elektrizitätsquelle zu erzielen, daß man genau gleiche Zeiten bei der Berührung der Körper einhält, so erreicht man seinen Zweck ziemlich gut, doch wird man ein Wachsen der Angaben bemerken, wenn man die Versuche rasch auf einander folgen läßt.

Hängt man die Kugel durch einen seidenen Faden an das Ende des gefirniften Glasstabes, so entfernt man den störenden Einfluß je nach der Länge des Fadens mehr und mehr, bemerkt jedoch die Einwirkung noch häufig. Besser steht man sich also, statt des Glasstabes eine Metallstange zu nehmen. Sie wirkt natürlich noch mehr als Condensator als das Glas, jedoch in einer von der Zeit unabhängigen Weise.

Wenden wir diese Erfahrungen über die condensirende Eigenschaft des Glases auf den Dellmann'schen Apparat an, so ergiebt sich, daß ähnliche Erscheinungen in ihm selbst auftreten müssen. Hier wirken der Glasfaden, an welchem, wenn auch durch einen Zoll langen Lackfaden getrennt, der Waagebalken hängt, der Glasdeckel des Gehäuses, das Röhrchen auf welchem das Streifchen befestigt ist, und namentlich das, welches den Zuleitungsdraht eingeschlossen enthält, auf ganz ähnliche Weise, und lassen in Verbindung mit der direct auf das Schelllack getriebenen und nur langsam von ihm zurückkehrenden Elektrizität nicht zu, daß der Apparat in ganz kurzer Zeit in einen vollkommen unelektrischen Zustand zu bringen ist, was sich allemal dann rächt, wenn man rasch hinter einander von der Messung intensiver Elektrizität zu der von ganz geringer Spannung fortschreitet. Bei der Coulomb'schen Drehwaage konnte ich ebenfalls die letzten Spuren der Elektrizität nur schwierig entfernen, und so wird es gewiß bei allen Elektrometern seyn, welche fein genug sind, um diese letzten Spu-

ren überhaupt erkennen zu lassen. Wenn ich aber auch glaubte den Dellmann'schen Apparat vollständig entladen zu haben, so stellten sich doch noch Ungleichheiten in den Ausschlagswinkeln ein, welche ich nach der Art, wie sie sich zeigten, nicht allein auf ein ungleiches Quantum der Elektricität im Ueberträger schieben kann, und welche wachsen, je geringer das mitgetheilte Quantum wird. Ich schiebe sie grofsentheils auf die angeführte Bindung durch die Isolatoren, deren Einflufs aus mir unbekannten Gründen veränderlich seyn mufs, theilweise auch darauf, dafs die blofse Berührung schwach aneinandergedrückter Drähte wohl nicht hinreicht, der Elektricität, wenn sie von ausnehmend geringer Spannung ist, einen immer gleich bequemen Weg darzubieten. Mit je weniger Schelllack übrigens die zu isolirenden Körper in Berührung sind, desto regelmäfsiger werden die Ausschläge. Häufig schon habe ich durch blofses Umkitten des Zuleitungsdrahts bedeutende Verbesserungen erzielt.

Um nun einen Begriff von der Gröfse dieser Schwankungen bei Mittheilung desselben Elektricitätsquantums zu geben, mögen folgende Data dienen.

- a) Ein Seidenfaden von $2\frac{1}{2}$ Zoll Länge trug die Kugel, welche als Ueberträger gebraucht wurde, und war fest in eine Drahtöhse geschlungen, welche ihrerseits an einen langen, aber gefirniften Glasstab gekittet war. Es wurden Säulen von 48, 40, 32, 24 und 16 Elementen in Anwendung gebracht, und die Elektricität des Polardrahts mit der Kugel übertragen. Jetzt mufsten sich die zu den Ausschlagswinkeln gehörigen Zahlen der Tabelle wie die Zahlen 6, 5, 4, 3 und 2 verhalten, und würden, wie der folgende Versuch b zeigen wird, dieses auch gewifs sehr nahe gethan haben, wenn ein Mittel aus mehreren Versuchen gezogen wäre. Um jedoch die Fehlerhaftigkeit des Instruments kennen zu lernen, machte ich jedesmal nur einen Versuch, und bekam aus der Tabelle Zahlen, welche sich verhielten wie 6—4,8—3,9—2,8 und 2,2.

Die Abweichungen waren also $-\frac{1}{23}$, $-\frac{1}{40}$, $-\frac{1}{13}$ und $+\frac{1}{10}$ des mitgetheilten Quantums.

b) Es ward bei Säulen von 48 und von 24 Elementen derselbe Versuch wiederholt, jedoch das Mittel aus je sieben Messungen genommen. Jetzt ergaben sich aus der Tabelle die Zahlen 2,24 und 1,11, welche sich verhalten wie 48 zu 23,7.

Die Fehler rühren theils von der Beobachtungsmethode her, theils vom Instrumente. Unter ungünstigen Umständen kann letzteres das mitgetheilte Quantum um $\frac{1}{6}$ verkehrt angeben, wenn es sehr gering, nämlich das auf der 22 Linien grossen Kugel von 16 Elementen aufgehäufte ist, und diese Unrichtigkeit wächst noch, wenn das Quantum geringer wird. Jeder Physiker wird wissen, dass ein solches Quantum ausserordentlich gering ist, indem dadurch das Goldblatt eines sehr empfindlichen Säulenelektroskops kaum um eine bis zwei Linien bewegt wird. Mit der Coulomb'schen Drehwaage eine solche Elektrizität der Kugel zu prüfen, ist gänzlich unthunlich, da sogar die drei Mal so grosse von 48 Elementen kaum von ihr angedeutet, geschweige denn gemessen wird.

In einer Beziehung wirkt die condensirende Eigenschaft des Glases sehr vortheilhaft bei diesen Instrumenten, nämlich rücksichtlich des Elektricitätsverlustes. Ihr muſs man es hauptsächlich zuschreiben, dass dieser Verlust so ausserordentlich gering ist, ja anomaler Weise verhältnissmäſsig desto geringer wird, je grössere Spannung die mitgetheilte Elektrizität besitzt ¹⁾. Es verhalten sich nämlich in gleichen Zeiten die Verluste keineswegs wie die Dichtigkeiten, sondern viel eher wie deren Quadratwurzeln, doch habe ich ein ganz bestimmtes Gesetz darüber noch nicht gefunden.

1) Hr. Dr. Riefs zeigte mir, als ich ihm diese Bemerkung aus meinem bereits geschriebenen Aufsate mittheilte, seine schon gedruckte, aber noch nicht im Buchhandel erschienene Abhandlung: „Ueber die Bestimmung elektrischer Dichtigkeiten in der Torsionswaage,“ worin dieselbe Erfahrung bekannt gemacht, und auf eine andere, mir allerdings richtiger scheinende Weise, erklärt ist.

Aufstellung der Tabellen.

§. 6.

Wollte man nicht in der §. 3 bezeichneten Weise die Versuche anstellen, sondern bei jedem derselben die Torsion so lange reguliren, bis immer derselbe Winkel z. B. von 10° zwischen dem Streifchen und Waagebalken hervor gebracht wäre, so würde die Aufstellung einer Tabelle für die dem Apparat mitgetheilten Quantitäten sehr einfach seyn. Das Gesetz, dafs sich die Elektricität in demselben Körper immer nach denselben Verhältnissen anordnet, ihr Quantum mag seyn, welches es will, bietet uns dazu die Hülfsmittel. Während bei der rechtwinkligen Stellung des Waagebalkens zum Streifchen Elektricität mitgetheilt wird, bilden diese beiden Körper mit dem Zuleitungsdrahte einen einzigen, so dafs, unabhängig von der Gröfse des mitgetheilten Quantums, die Theilung der Elektricität zwischen allen dreien immer nach demselben Verhältnisse erfolgen mufs. Wird jetzt der Zuleitungsdraht gesenkt, so tritt eine neue, in allen Fällen aber dieselbe Anordnung im Streifchen und Waagebalken ein. Hebt man darauf die Berührung zwischen diesen beiden Körpern auf, indem das Streifchen (immer bis zu derselben Tiefe) gesenkt wird, so ordnet sich die Elektricität zwar wieder um ein Weniges anders an, das Verhältnifs der Quantität im Streifchen zu der im Waagebalken mufs aber immer dasselbe seyn. Es mufs aber erlaubt seyn, das oben citirte Gesetz auch auf zwei getrennte Körper anzuwenden in folgender Art:

- A. Ist, wie in diesem Falle, das Verhältnifs der Quantitäten in zwei Körpern genau dasselbe, so müssen sich die Elektricitäten in ihnen genau auf dieselbe Weise anordnen, wenn man sie einer gegenseitigen Einwirkung aussetzt, sobald die Körper nur genau immer in dieselbe Lage zu einander gebracht sind.

So sind wir also berechtigt zu behaupten, dafs bei verschiedenen Versuchen und verschiedenen Quantitäten der mitgetheilten Elektricität die Dichtigkeiten an irgend einem aber demselben Punkte des Streifchens oder des Waage-

balkens immer genau das Verhältniß der mitgetheilten Quanta besitzen müssen, sobald nur diese Körper denselben Winkel mit einander machen. Da sich nun in einem solchen Falle die abstossenden Kräfte, welche wir durch die Torsion des Fadens messen, wie die Quadrate der Dichtigkeiten homologer Punkte, also besser wie die Quadrate der mitgetheilten Elektricitätsmengen verhalten, so würden die Quadratwurzeln aus den Torsionen sogleich die Verhältnisse dieser Mengen angeben. Nähme man irgend eine Quantität als Einheit an, so liefse sich danach leicht eine Tabelle berechnen, welche für jede andere Torsion das Quantum durch diese Einheit ausdrückte.

§. 7.

Schwieriger gestaltet sich indessen die Aufstellung einer Tabelle, welche nach der im §. 3 bezeichneten Beobachtungsweise für jeden Ausschlagswinkel das Verhältniß der Quantität angiebt. Diese Art zu messen hat aber etwas so ungemein bequemes, dafs es sich für denjenigen, welcher öfters sich dieser Instrumente bedienen will, schon der Mühe lohnt, einen Tag lang die zur Aufstellung einer solchen Tabelle nöthigen Vorversuche anzustellen, und einen zweiten Tag zu ihrer Berechnung zu verwenden.

Zur Aufstellung einer solchen Tabelle, welche ich mit II bezeichnen will, handelt es sich zunächst um eine andere Tabelle I, nämlich um ein Gesetz, welches die Zunahme der abstossenden Kraft mit der Abnahme des Winkels zwischen Streifen und Waagebalken ausspricht. Ich meine so: Hat man dem Apparate Elektricität mitgetheilt, und denkt sich nun durch allmälige Vermehrung der Torsion diesen Winkel mehr und mehr verkleinert und endlich zu Null gemacht, so müfste man das Gesetz der Reihe der zugehörigen Torsionen kennen. Man müfste also eine Gleichung besitzen, in welcher die Torsion (abstossende Kraft) durch eine Function des Winkels und des mitgetheilten Elektricitätsquantums ausgedrückt erscheint. Dieser Ausdruck wird aber das Verhältniß, in welchem bei Verminderung des Winkels die abstossende Kraft zunimmt, un-

abhängig von der mitgetheilten Elektricitätsmenge erblicken lassen; er wird vielmehr ein Product seyn, dessen einer Factor das Quadrat dieser Menge ist ¹⁾. Fassen wir nämlich zwei verschiedene Winkel α und β zwischen Streifchen und Waagebalken in's Auge, und sey für sie bei einem und demselben Elektricitätsquantum das Verhältniß der abstossenden Kräfte oder Torsionen das von a zu b , so ist es bei dem m fachen dieses Quantum, wie aus §. 6, A folgt, das von am^2 zu bm^2 . *Die Verhältnisse der abstossenden Kraft für verschiedene Winkel aber dasselbe Elektricitätsquantum sind also dieselben, dieses Quantum mag seyn welches es will.*

Besäßen wir aber eine Tabelle I, welche für alle Winkel zwischen Waagebalken und Streifchen das Verhältniß der abstossenden Kräfte bestimmte, so wäre es ein Leichtes aus ihr die intendirte Tabelle II zu berechnen, welche, irgend ein Elektricitätsquantum als Einheit genommen, für jeden Ausschlagswinkel (wo also der Zeiger auf Null gestellt ist) die im Apparate befindliche Quantität ablesen liefse.

§. 8. Die Tabelle I.

Vorläufig weifs ich nichts Besseres anzugeben, als die Tabelle I durch Torsionsversuche aufzustellen. Will man das Verhältniß der abstossenden Kraft bei zwei Winkeln α und β erfahren, so theilt man in der gewöhnlichen Weise Elektricität mit, und bestimmt die Torsionen t und t' des Fadens, welche den Waagebalken nöthigen, diese Winkel mit dem Streifchen zu bilden. Das Verhältniß $\frac{t}{t'}$ der ab-

- 1) Es wäre von Interesse für das Instrument, wenn ein gewandter Analyst die gewünschte Gleichung aufstellen wollte, wenn auch nur mit Rücksicht auf zwei sich kreuzende und im Kreuzungspunkte beweglich gedachte gleich lange elektrische Linien. Wenn auch der Ausschnitt im Streifchen bei ganz kleinen Winkeln eine bedeutende Modification herbeiführen müßte, so würde das Gesetz doch für größere Winkel brauchbar seyn, zumal wenn die geringe Breite des Streifchens sich, wie es wahrscheinlich ist, als fast indifferent herausstellen sollte.

stossenden Kräfte ist dasselbe, welches Elektrizitätsquantum auch mitgetheilt sey. Dabei gebraucht man, des Elektrizitätsverlustes wegen, die Vorsicht, erst t , dann t' und zuletzt wieder t zu bestimmen, und aus den doppelt gefundenen Werthen von t das Mittel zu nehmen. Natürlich ist es der Beobachtungsfehler wegen nöthig $\frac{t}{t'}$ aus dem

Mittel einer größeren Anzahl von Versuchen zu bestimmen, auch die augenblicklich bei den Ständen des Waagebalkens herrschenden Luftströmungen (§. 20) zu berücksichtigen, indem man ihre drehende Kraft, je nach ihrer Richtung, den Torsionen zuzählt oder sie von ihnen subtrahirt.

So fortfahrend könnte man für alle Winkel das Verhältniß der abstossenden Kräfte aufsuchen, würde aber eine erhebliche Zeit mit dieser langweiligen Arbeit verbringen müssen. Es genügt indessen, dieses Verfahren auf eine kleinere Anzahl von Winkeln zu beschränken und die Werthe für die zwischenliegenden zu interpoliren. Wie dieses geschehen kann, wird am besten an einem Beispiele gezeigt werden, zu welchem ich die Zahlen von den Torsionsversuchen bei einem meiner Instrumente entlehne.

Es wurde immer mit der Torsion bei dem Stande des Waagebalkens auf 10° diejenige verglichen, welche bei 5, 20, 30, 40, 50, 60, 70 und 80 Grad herrschte, und für jeden dieser Winkel $\frac{t}{t'}$ aus dem Mittel einer ziemlichen Anzahl von Versuchen bestimmt. Nachdem die Verhältnisse alle auf denselben Nenner gebracht waren, stellten sich folgende Zahlen heraus, welche die Abstossung bei den übrigen Winkeln bezeichnen, wenn die bei 10° gleich 100 gesetzt wurde.

Winkel zw. Streich. u. Waagb. in Graden.	Abstofungskraft der Elektricität.	Quotienten auf- einanderfolgen- der Kräfte.
0	230 (etwa)	} 0,435
5	149,2	
10	100	} 0,53
20	52,68	
30	32,13	} 0,61
40	20,76	
50	13,45	} 0,646
60	8,70	
70	5,39	} 0,647
80	2,38	

Vergleicht man die Zahlen, welche das Verhältniß der abstofsenden Kräfte ausdrücken von 20° bis 70°, so sieht man, daß sie so ziemlich eine geometrische Reihe bilden, wie aus den nebenstehenden Quotienten zu ersehen ist. Man würde also einen erheblichen Fehler begehen, wenn man die Interpolation so vornehmen wollte, als ob z. B. zwischen den Gränzen von 40° und 50° die abstofsende Kraft in einer arithmetischen Reihe abnähme. Kaum zwischen 50° und 70° dürfte das erlaubt seyn, wovon man sich überzeugen wird, wenn man die Curve (die Winkel als Abscissen, die abstofsenden Kräfte als Ordinaten genommen) bildlich darstellt. Man wird vielmehr die Interpolation z. B. für den Winkel von 43° vornehmen, wenn man den Ausdruck

$$20,76 \cdot \left(\frac{13,45}{20,76}\right)^{0,3}$$

auswerthet. Da nun einleuchtet, daß dasselbe Verfahren auch für die Winkel zwischen 5° und 20°, wenn auch mit geringerer Richtigkeit, anzuwenden sey, so kann man sich allgemein so ausdrücken:

Bezeichnet $K_{\alpha.10}$ die abstofsende Kraft bei $\alpha.10$ Grad, und ist m kleiner als 10, so ist die abstofsende Kraft bei $\alpha.10 + m^\circ$:

$$K_{\alpha \cdot 10 + m} = K_{\alpha \cdot 10} \cdot \left(\frac{K_{(\alpha+1) \cdot 10}}{K_{\alpha \cdot 10}} \right)^{\frac{m}{10}}$$

Durch dieses Verfahren ist mit Hülfe der Logarithmentafeln die Interpolation vorzunehmen, und die Tabelle I für die Winkel von 5° bis 80° herzustellen. Für kleinere und grössere Winkel können wir das Instrument nicht gut gebrauchen, und wenn im §. 11 die Tabellen noch unter 5° Zahlen enthalten, so sind dieselben nur annäherungsweise richtig, unter 3° aber unbrauchbar.

§. 9. Die Tabelle II.

Um die Tabelle II aus der eben dargestellten abzuleiten, kann man folgenden Schluss machen.

Bei dem *Ausschlagswinkel* ist die Torsion immer $\frac{1}{2}$ der Anzahl der Grade des Winkels gleich. Bringt ein elektrisches Quantum Q den Ausschlagswinkel m hervor, ein anderes q den Winkel n , so verhalten sich bei diesen verschiedenen Winkeln ihre abstossenden Kräfte wie m zu n . Die Tabelle I lehrt aber, wie groß die abstossende Kraft der Quantität Q beim Winkel n gewesen seyn würde. Sind nämlich μ und ν die beiden zu den Winkeln m und n gehörigen Verhältnisszahlen der Tabelle I, so ist die abstossende Kraft des Quantum Q beim Winkel n gleich $m \cdot \frac{\nu}{\mu}$. Da sich nun die Quantitäten wie die Quadratwurzeln der abstossenden Kräfte verhalten, so ist:

$$Q : q = \sqrt{\left(m \cdot \frac{\nu}{\mu}\right)} : \sqrt{n}$$

oder:

$$Q = q \cdot \sqrt{\left(\frac{m \cdot \nu}{n \cdot \mu}\right)}$$

Setzt man irgend ein Elektrizitätsquantum q , z. B. das, welches den Ausschlagswinkel von 10° hervorbringt, gleich 1, so ist, namentlich wenn man die Logarithmen von μ aufbewahrt hat, welche bei der Interpolation in der Tabelle I gefunden waren, in einigen Stunden die Tabelle II

zu berechnen, die dann für jeden Ausschlagswinkel das mitgetheilte elektrische Quantum durch dasjenige ausdrückt, welches der Ausschlagswinkel von 10° herbeiführt.

Da in dieser Gestalt die Tabelle II nur eine Reihe von Quantitätsverhältnissen angiebt, so kann sie leicht auf jede andere Einheit reducirt werden. Hätte man vielleicht später einen Grund, die Einheit, welche zum Ausschlagswinkel β gehört, als Einheit anzunehmen, so brauchte man blofs alle Zahlen der Tabelle durch die dem Winkel β angehörigen zu dividiren, um eine andere zu erhalten, welche nach dieser neuen Einheit die Quantitäten mißt. Dieses würde von Wichtigkeit werden, wenn es gelingen sollte, auf einem Ueberträger von bestimmter Gröfse, vielleicht durch Hülfe der Säule, überall und jeder Zeit dasselbe Elektrizitätsquantum aufzuhäufen. Dadurch würden wir in den Stand gesetzt werden, uns eines gemeinsamen Maafses bei elektrischen Messungen zu bedienen, was unter Umständen, z. B. bei der Lufterlektricität, von bedeutendem Interesse seyn könnte ').

§. 10. Tabelle III, zur Correction wegen der Luftströmungen.

Stellen wir einen elektrischen Mefsversuch an, während im Inneren zugleich ein Luftstrom drehend auf den Waagebalken wirkt, so wird durch ihn der Ausschlagswinkel modificirt, und der aus der Tabelle für diesen genommene Werth mehr oder weniger unrichtig seyn. Es entsteht also hier die Frage: Wohin würde sich der Waagebalken gestellt haben, welches würde der Ausschlagswinkel gewesen seyn, wenn keine Luftströmung eingewirkt hätte? Ist letzterer aufgefunden und wird nun für ihn die Zahl der Tabelle II genommen, so hat man die Correction wegen der Luftströmung angebracht.

Zu diesem Zweck hat man zunächst die Stärke des Luft-

- 1) Es versteht sich, dafs dann jedes andere Elektrometer, sobald es nur eine eben so verständliche Sprache spricht, zu demselben Zwecke dienen könnte.

stroms, d. h. seine den Waagebalken drehende Kraft, durch einen Versuch auszumitteln, wenn die elektrische Messung vorgenommen, also der Ausschlagswinkel gefunden ist. Man entladet zu dem Ende den Apparat und regulirt nun die Torsion so, daß der Waagebalken wieder den Stand bekommt, bis zu welchem er von der Elektrizität abgestossen war. Da dieser Stand jetzt mit dem des Zeigers übereinstimmen müßte (§. 2, No. 6), wenn gar keine Kraft im Innern drehend wirkte, so ergiebt die Differenz zwischen beiden sogleich die drehende Kraft des Luftstroms, und zwar gemessen durch die Torsionskraft des Fadens ¹⁾. Eine Tabelle III zeigt nun für jeden Stand des Waagebalkens an, um wie viel der Ausschlagswinkel durch einen Grad Luftströmungstorsion modificirt werde, so daß diese Zahl der Tabelle multiplicirt mit der Anzahl der gefundenen Grade den Winkel bezeichnet, um welchen je nach der Richtung der drehenden Einwirkung der beobachtete Ausschlagswinkel vergrößert oder verkleinert werden muß.

Beispiel: Der Ausschlagswinkel sey 23° , der Luftstrom 2° , und zwar in dem Sinne, daß er den Winkel zu verkleinern strebt. Die Tabelle III giebt für 23° die Zahl 0,48. Der corrigirte Ausschlagswinkel ist also $23 + 2 \cdot 0,48^{\circ}$.

Die Tabelle III wird nun folgendermaßen aufgestellt.

Es mag die Torsionskraft, mit welcher der Luftstrom den Waagebalken an das Streifchen anzulegen strebt, in ganzen Graden gemessen durch $+l$ ausgedrückt werden, während $-l$ seine Größe vorstellt, wenn er abdrehend wirkt. Wir stellen nun die Frage nicht in ihrer ursprünglichen Form: »Um wie viel verändert der Luftstrom l den Aus-

1) Man braucht nicht zu ängstlich dafür zu sorgen, daß der Waagebalken bei der Bestimmung des Luftstroms genau wieder auf den vorigen Ausschlagswinkel zu stehen kommt, weil für nur wenig verschiedene Stände desselben der Strom fast gleiche Wirkung ausübt. Größere Vorsicht ist dabei nur nöthig, wenn bei kleinen Ausschlagswinkeln die Strömung mehr als einige Grade Torsionskraft besitzt. Sehr zweckmäßig wird man den Apparat so stellen, daß die Richtung des Streifchens mit der gewöhnlichen Richtung des inneren Windes übereinstimmt (§. 20).

schlagswinkel m des Waagebalkens? „1) sondern kehren sie um und fragen? „Wie groß muß l seyn, damit der Ausschlagswinkel m um n° modificirt werde?“

Da der Luftstrom $\pm l$ die beim Ausschlagswinkel m herrschende Torsion m des Fadens um l Grad vergrößert oder verkleinert, so ist die Frage dieselbe, als wollte man untersuchen, um wie viel Grad die Torsion m zu verändern sey, damit der Winkel m in den $m \mp n$ übergehe. Heißt diese Zahl der Grade l , so herrscht dann beim Winkel $m - n$ die Torsion $(m - n) + l$. Setzt nun die Tabelle I fest, daß das Verhältniß der abstossenden Kräfte desselben elektrischen Quantums bei den Winkeln m und $m - n$ das von μ zu π sey, so ist die abstossende Kraft der Elektrizität bei $m - n^\circ$ gleich $m \cdot \frac{\pi}{\mu}$. Diese ist der Torsion gleich, so daß

$$m \cdot \frac{\pi}{\mu} = (m - n) + l$$

seyn muß, woraus sich

$$l = n + \frac{m}{\mu} \cdot (\pi - \mu)$$

ergiebt. Eben so findet man für einen den Ausschlagswinkel vergrößernden Luftstrom:

$$l = n - \frac{m}{\mu} (\varphi - \mu),$$

wenn μ und φ die Verhältnißzahlen der Tabelle I für die Winkel m und $m + n$ sind.

Im letzteren Fall ist aber $\varphi < \mu$, so daß die Differenz $\varphi - \mu$ negativ ist, überhaupt also doch zu n addirt wird. Dadurch entsteht die practische Regel: Soll gefunden wer-

- 1) In dieser Form führt die Frage zu einer unpractischen Gleichung. Bezeichnet nämlich x die durch den Luftstrom $\pm l$ herbeigeführte Modification des Ausschlagswinkels m , während μ und ν die zu den Winkeln m und $m \mp 10^\circ$ gehörigen Verhältnißzahlen der Tabelle I sind, so ist innerhalb der Gränzen des Luftstroms, bei denen man noch experimentiren kann, $m \pm x = (m \pm l) \cdot \left(\frac{\nu}{\mu}\right)^{\frac{x}{10}}$. Zu einer Prüfung des folgenden Verfahrens kann in einzelnen Beispielen die Gleichung immerhin dienen.

den, welches die Torsionsstärke l eines Luftstroms ist, der den in unbewegter Luft entstandenen Ausschlagswinkel m um n° modificirt, so addirt man zu n das Product, welches entsteht, wenn man $\frac{m}{\mu}$ mit der positiven Differenz der Verhältnisszahlen für m und $m \mp n$ (aus der Tabelle I) multiplicirt.

Die Gleichung für l , verglichen mit den Zahlen der Tabelle I, lehrt, dafs der Einfluss des Luftstroms bei kleinen Winkeln viel bedeutender sey als bei grofsen, bei 10° drei bis vier Mal so grofs als bei 75° , und deshalb viel sorgfältiger beachtet werden müsse.

Da die Verhältnisszahlen der Tabelle I innerhalb der in der Praxis vorkommenden engen Gränzen von m und $m \mp n$ ziemlich eine arithmetische Reihe bilden, so wird $\mu - \pi$ sich von $\varphi - \mu$ nur sehr wenig unterscheiden, so dafs man für einen positiven und negativen Luftstrom dieselbe Tabelle benutzen kann. Ferner wird aus demselben Grunde $\mu - \pi$ mit n ziemlich genau proportional seyn, so dafs es erlaubt ist anzunehmen, eine p mal so grofse Veränderung des Ausschlagswinkels werde durch einen p mal so grofsen Luftstrom bewirkt ¹⁾.

Man gelangt also zur Aufstellung der Tabelle III, wenn man durch die Formel für l zuerst ausfindig macht, wie grofs der Luftstrom seyn mufs, welcher den Ausschlagswinkel um einen Grad modificirt, und daraus durch eine einfache Proportion aufsucht, wie grofs die Modification dieses Winkels durch einen Strom von 1° Torsionsstärke aus-

1) Es gehört z. B. ein Luftstrom von $1^\circ,55$ Torsionskraft dazu, um den Ausschlagswinkel von 10° um einen Grad zu verändern. Nach obigem Schlusse müfste ein Strom von 4.155 also von $6^\circ,1$ diesen Winkel um 4° verändern. In der That gehört aber dazu nur ein Strom von $6^\circ,02$. Hier bleibt jedoch der durch das Correctionsverfahren entstehende Fehler innerhalb der Gränzen der sonstigen unvermeidlichen Beobachtungsfehler, wobei noch zu bemerken ist, dafs bei einem gut eingerichteten Instrumente ein Luftstrom von 6° schon zu den unter ungünstigen Umständen eintretenden gehört.

ausfallen werde. Die letztere Gröſſe ist in der Tabelle III (§. 11) für alle Ausschlagswinkel von 1° bis 80° gegeben, wobei ich zugleich bemerke, daß diese Tafel nach meinen Erfahrungen, so wie sie da ist, für alle Dellmann'schen Elektrometer angewendet werden kann, wenn nur das Streifen in seiner Gestalt nicht gar zu sehr von dem in §. 2 beschriebenen abweicht.

Vinkel in Graden.	Tab. I.	Tab. II.	Tab. III.	Vinkel in Graden.	Tab. I.	Tab. II.	Tab. III.
1	214,2	0,22	0,81	41	19,87	4,54	0,36
2	199,1	0,32	0,78	42	19,03	4,70	0,35
3	174,9	0,41	0,75	43	18,22	4,86	0,35
4	161,6	0,50	0,73	44	17,45	5,02	0,34
5	149,2	0,58	0,71	45	16,71	5,19	0,34
6	137,7	0,66	0,69	46	16,00	5,36	0,34
7	127,1	0,75	0,67	47	15,32	5,54	0,33
8	117,3	0,83	0,65	48	14,67	5,72	0,33
9	108,3	0,91	0,63	49	14,05	5,91	0,32
10	100	1,00	0,61	50	13,45	6,10	0,32
11	93,79	1,08	0,60	51	12,88	6,29	0,32
12	87,97	1,17	0,59	52	12,33	6,49	0,31
13	82,50	1,25	0,57	53	11,80	6,70	0,31
14	77,38	1,34	0,56	54	11,30	6,91	0,30
15	72,58	1,44	0,55	55	10,82	7,13	0,30
16	68,07	1,53	0,54	56	10,34	7,35	0,30
17	63,84	1,63	0,53	57	9,92	7,58	0,29
18	59,88	1,73	0,52	58	9,49	7,82	0,29
19	56,16	1,84	0,51	59	9,09	8,06	0,28
20	52,68	1,94	0,50	60	8,70	8,30	0,28
21	50,14	2,04	0,49	61	8,29	8,58	0,27
22	47,72	2,15	0,48	62	7,91	8,85	0,27
23	45,42	2,25	0,48	63	7,53	9,14	0,26
24	43,23	2,36	0,47	64	7,18	9,44	0,26
25	41,14	2,46	0,46	65	6,85	9,74	0,25
26	39,16	2,58	0,45	66	6,53	10,05	0,24
27	37,27	2,69	0,44	67	6,22	10,38	0,23
28	35,47	2,81	0,44	68	5,93	10,71	0,23
29	33,76	2,93	0,43	69	5,65	11,05	0,22
30	32,13	3,06	0,42	70	5,39	11,40	0,21
31	30,76	3,17	0,41	71	4,97	11,96	0,20
32	29,44	3,30	0,41	72	4,58	12,54	0,19
33	28,18	3,42	0,40	73	4,22	13,16	0,17
34	26,98	3,55	0,40	74	3,89	13,80	0,15
35	25,82	3,68	0,39	75	3,58	14,47	0,14
36	24,72	3,82	0,38	76	3,30	15,18	0,12
37	23,66	3,95	0,38	77	3,04	15,91	0,10
38	22,65	4,09	0,37	78	2,80	16,69	0,08
39	21,68	4,21	0,37	79	2,58	17,49	0,06
40	20,76	4,39	0,36	80	2,38	18,33	0,03

Diese Tabellen, obschon sie sich speciell auf ein bestimmtes von mir gebrauchtes Instrument beziehen, und zwar dasjenige, welches im §. 2 beschrieben ist, habe ich deswegen vollständig mitgetheilt, weil es für denjenigen, welcher sie selbst aufstellen will, von Interesse seyn dürfte, seine Resultate mit den meinigen zu vergleichen. In sofern der Fufs des Streifchens und der Ausschnitt in demselben von Einfluß sind, werden verschiedene Tabellen zu verschiedenen Instrumenten auch kleine Verschiedenheiten zeigen. Dafs diese jedoch nur unbedeutend seyn werden, ergibt sich aus folgendem Factum. Ich hatte ein Instrument so construirt, dafs das Streifchen nicht in seiner Mitte von Schelllackssäulen getragen wurde, sondern an einem Ende rechtwinklig aufgebogen war, so dafs eine Zoll lange metallische Fortsetzung desselben zur Befestigung an einer isolirenden Lackstange diene. Ausserdem war dieses Streifchen um mehrere Linien länger als der Waagebalken. Bei dieser Einrichtung nahm die abstofsende Kraft desselben Elektrizitätsquantums mit der Vergrößerung des Winkels nicht so schnell ab, als bei dem anderen Instrumente, wie aus der hier theilweise mitgetheilten Tabelle I zu ersehen ist. Diese weicht am meisten von der oben gegebenen Tabelle ab, während die Tabelle II wegen der Art, wie sie aus der ersten abgeleitet wird, für kleinere Winkel schon viel besser, und die dritte überall noch besser stimmt. Folgendes sind einige Zahlen aus den Tabellen für dieses Instrument:

Winkel.	Tab. I.	Tab. II.	Tab. III.	Winkel.	Tab. I.	Tab. II.	Tab. III.
5	140	0,60	0,75	40	24,4	4,00	0,40
10	100	1,00	0,64	50	16,5	5,50	0,34
20	56,7	1,88	0,52	60	10,4	7,59	0,27
30	35,9	2,89	0,46	70	6,9	10,07	0,17

Erwägt man, wie sehr verschieden hier die beiden Streifchen construirt waren, so wird man gewifs der Behauptung beipflichten, dafs man für alle Instrumente, welche nach denselben Dimensionen construirt sind, auch wenn abso-

lute Gleichheit dieser Dimensionen nicht erreicht ist, wahrscheinlich dieselben Tabellen werde gebrauchen können, so dafs es, falls diese Art von Instrumenten sich verbreiten sollte, sehr der Mühe werth wäre, die Fehler auszumerzen, welche den oben mitgetheilten Tabellen sicher noch ankleben. Man sieht übrigens aus den Zahlen, welche für das an seinem Ende aufgebogene Streifchen galten, dafs man zur Steigerung der Empfindlichkeit ganz vortheilhaft die Enden des Streifchens mit gröfseren Scheiben versehen könne, wie das denn auch beim Waagebalken von bedeutendem Erfolge begleitet ist. Während aber dadurch nach einer Richtung hin das Instrument verbessert wird, verliert es an Brauchbarkeit in anderer Beziehung.

Die bei den Vorversuchen zur Aufstellung der Tabelle I begangenen Beobachtungsfehler rächen sich nur wenig bei der Tabelle II wegen der Art der Berechnung dieser letzteren, so dafs man nicht gar zu ängstlich bei der Construction der ersten Tabelle zu seyn braucht. Rücksichtlich dieser Vorversuche will ich aber noch Folgendes bemerken.

Man findet, wenn man durch Vermehrung der Torsion den Winkel zwischen Streifchen und Waagebalken auf einige Grade gebracht hat, dafs dann schon geringen Vermehrungen derselben der Waagebalken folgt, ja dafs er vom dritten oder zweiten Grade ab sich von selbst langsam an das Streifchen anlegt. Der Grund liegt in dem Ausschnitte, dem Fusse und der Seitenbiegung des Streifchens, und bedarf wohl keiner weiteren Erklärung. Da aber so unterhalb 5° die Aufstellung der Tabelle I ganz unsicher wird, wird es die der übrigen Tabellen zugleich mit, und schon aus diesem Grunde kann man das Instrument nicht gut mehr anwenden, wenn die zu prüfende Elektricität nicht mindestens einen Ausschlagswinkel von 4 bis 5 Grad hervorbringt.

Die elektrischen Quantitäten in der Tabelle II wachsen mit den Ausschlagswinkeln zuletzt ungemein rasch, und zwar so rasch, dafs die Mangelhaftigkeit im genauen Ablesen des

Winkels zu Beobachtungsfehlern führt, welche für manche Zwecke zu groß sind. Zwischen 80° und 90° müssen die Zahlen der Tabelle II von 18,33 bis ∞ anwachsen, so daß das Instrument zur Bestimmung solcher Elektricitätsmengen, welche einen Ausschlagswinkel von über 80° hervorbringen, abermals nicht geeignet erscheint. Hier kann man sich aber helfen, denn es ist ein Leichtes, die Tabelle II ebenfalls für solche Messungen aufzustellen, bei denen man den Zeiger nicht auf Null, sondern immer z. B. auf 90° , 180° oder 360° weiter stellt, so daß beim Ausschlagswinkel m° z. B. die Torsion $180 + m^\circ$ herrscht, ein Verfahren, durch welches, sobald überhaupt die Ausschlagswinkel eine Größe von 60° bis 70° überschreiten, an Genauigkeit gewonnen wird.

Bei der Aufstellung der Tabelle III rächen sich die kleinen Fehler der Tabelle I, welche durch die Art der Interpolation herbeigeführt sind, nicht unbeträchtlich. Die oben mitgetheilte Tabelle ist durch ein weitläufigeres Verfahren dieser Rache ziemlich entzogen.

Daß übrigens alle drei Tafeln nach denselben Principien aufgestellt werden können, wenn das Streifchen nicht beweglich ist, die Mittheilung der Elektricität also nur geschehen kann, während der Waagebalken am Streifchen anliegt, bedarf wohl keines Beweises.

§. 12. Die galvanische Kette.

Bevor weiter über mögliche Anwendungen des Apparats gesprochen wird, möchte es nicht unzweckmäßig seyn, die Erfahrungen mitzutheilen, welche mich zu dem Glauben veranlassen, daß die elektroskopische Kraft der Säule zu einem brauchbaren Maasse für Reibungselektricität benutzt werden könne. Diese Erfahrungen bestehen in Folgendem.

a) Zusammengelöthete Streifen von Kupfer und Zink waren reihenweise isolirt an Stäben befestigt, und tauchten in Gläsern mit destillirtem Wasser. Der eine Pol war gut abgeleitet, und die Elektricität des andern ward in der §. 5, 1 a bezeichneten Weise wäh-

rend eines Zeitraums von vier Wochen öfters geprüft, indem die Säule beständig eingetaucht blieb. Bis auf 1° Schwankung stellten sich in der ersten Woche immer dieselben Ausschlagswinkel von 52° bis 53° heraus und nahmen dann allmähig ab, so daß sie am Ende der Zeit nur noch 46° betrugen. Dabei hatte sich zuletzt das Zink dick mit dem Oxydul überzogen, und die Säule gab alsbald ihren ersten Ausschlagswinkel wieder, als die Enden der Metalle durch einen Feilstrich bloßgelegt wurden.

- b) Wurde bis unmittelbar vor der Berührung des Zuleitungsdrahtes auch der freie Pol der Säule ableitend berührt, so war der Ausschlagswinkel bedeutend kleiner, ein Zeichen der schlechten Elektricitätsleitung durch das Wasser. Nach ganz kurzer Zeit war natürlich die ursprüngliche Spannung wieder da, doch geht daraus hervor, daß die Feuchtigkeit der Luft einen geringen Einfluß auf die Spannung besitzen könne.
- c) Die Säule ward, statt in Wasser, in verdünnte Salpetersäure (etwa $\frac{1}{10}$ concentr. Säure) gesetzt. Der anfängliche Ausschlagswinkel von 52° verringerte sich in drei Stunden bis auf 46, stellte sich aber fast vollkommen wieder her, als die Metalle an ihren Enden mit einem Feilstrich versehen wurden. Die Wiederholung des Versuches b zeigte sehr deutlich die bessere Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit.
- d) In Wasser mit $\frac{1}{10}$ concentrirter Schwefelsäure gab die Säule ebenfalls den Ausschlag von 52°, welcher sich wie vorhin allmähig, doch langsamer verminderte, so daß er nach einer Stunde noch 50°,3 betrug. Bei beiden Versuchen mit den verdünnten Säuren war die Verminderung der elektrischen Spannung kurz nach dem Eintauchen am bedeutendsten.

Aus diesen Versuchen scheint hervorzugehen, daß es möglich seyn müsse, Säulen zu construiren, welche aller Orten dieselbe oder fast dieselbe elektroskopische Kraft besitzen, daß aber zu diesem Zwecke verdünnte Säuren sich

weniger eignen als destillirtes Wasser, weil die Berührung zwischen der Flüssigkeit und dem Metalle das Resultat beim Wasser weit langsamer modificirt als bei den Säuren, welche die Oberfläche der Metalle schnell verändern.

§. 13. Gemeinsames Maafs für Elektrometer.

Bei allen Elektrometern, welche neben einander, namentlich aber, welche an verschiedenen Orten gebraucht werden, liegt der Wunsch sehr nahe, sie rücksichtlich ihrer Angaben vergleichen zu können. Die Empfindlichkeit zweier Elektrometer ist nun eine ganz verschiedene je nach der Art der Prüfung, wie sich oben bei der Vergleichung des Dellmann'schen Apparats mit der Coulomb'schen Drehwaage ergeben hat. Soll also die Empfindlichkeit eines Instruments angegeben werden, so mufs dieß in doppelter Rücksicht geschehen, ein Mal, wie groß seine Angabe ausfällt, wenn ihm Elektrizität von einer bestimmten Spannung, aber in unbegrenzter Quantität geboten wird, von welcher es, wie vom Pole einer Säule, gleichsam gesättigt wird; das andere Mal, welche Bewegung es vornimmt, wenn das mitgetheilte Quantum eine ganz bestimmte Gröfse hat.

Der Dellmann'sche Apparat erfordert dieselbe Rücksicht. Zwei solche Instrumente können gleiche Ausschlagswinkel geben, wenn der Pol derselben Säule mit dem Zuleitungsdrahte verbunden wird, während sie sich ganz verschieden gegen mitgetheilte gleiche Quantitäten verhalten, je nachdem der Zuleitungsdraht bei beiden eine verschieden große Oberfläche hat, oder das ihn einschließende Röhrchen im einen durch Rückbindung einen größeren Theil der Elektrizität fesselt als im andern. Wollte man z. B. diese Instrumente in der Art, wie Romershausen sinnreich an giebt ¹⁾, zur Beobachtung der Lufterlektrizität anwenden, so würde die Vergleichung durch Verbindung des Zuleitungsdrahtes mit dem Pole der Säule geschehen müssen; wollte man aber die Cavallo'sche Methode benutzen, welche am Ende doch zu genauen quantitativen Bestimmungen die geeignetste seyn dürfte, so müssen wir die Instrumente

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 69.

rücksichtlich des Ausschlags vergleichen, den sie bei gleichen mitgetheilten Elektricitätsmengen geben.

Zu letzterem Zwecke könnte man nun die oben gewünschte, überall mit gleicher Spannung versehene, galvanische Combination benutzen. Eine solche würde auf einer Kugel von bestimmter Dimension (Maafskugel) immer dasselbe Elektricitätsquantum aufhäufen, wenn man mit dieser einen bestimmten Polardraht in bestimmter Weise berührte, wobei jedoch über die Art der Isolirung und den Schutz der Kugel gegen den Einfluß in der Nähe befindlicher, durch Bindung einwirkender Körper, ebenfalls das Nöthige festgesetzt seyn müßte. Hätte man sich über die Säule und alle übrigen Umstände geeinigt, so würde man zweckmäfsig das elektrische Quantum, welches von einem Elemente der Säule auf der Maafskugel aufgehäuft wird, zur Einheit der Quantität und die damit verbundene Dichtigkeit derselben zur Einheit der Dichtigkeit annehmen. Würden dann beim Dellmann'schen Apparate p Elemente durch Uebertragung mit der Kugel einen Ausschlagswinkel hervorbringen, welchem in der Tabelle II die Zahl z entspräche, so würde man nur mit $\frac{p}{z}$ alle Zahlen dieser Tabelle zu multipliciren

brauchen, um eine neue Tabelle zu bekommen, welche, sobald die Maafskugel als Ueberträger angewendet wird, die Quantität der auf ihr befindlichen Elektricität unmittelbar in der vorgeschriebenen Einheit ausdrückt.

Es könnte aber unter manchen Umständen, und namentlich dann, wenn man verschiedene Ueberträger anwenden will, geeignet erscheinen, die Tabelle II so umzuformen, daß sie die Elektricitätsmenge, welche wirklich in den Apparat getreten ist, unmittelbar in der als Einheit festgesetzten Quantität ausdrückt. Dazu dient folgende Betrachtung.

§. 14. Theilung der Elektricität zwischen einem Ueberträger und dem Apparate.

Da bei meiner Einrichtung des Dellmann'schen Apparats der Zuleitungsdraht, das Streifchen und der Waagebalken beliebig mit einander in Berührung gebracht und von ein-

ander getrennt werden können, so hält es nicht schwer das Verhältniß auszumitteln, in welchem die Elektricität zwischen einem Ueberträger, z. B. der Maafskugel, und dem Apparate sich theilt, ja auch in welchen Verhältnissen die Quantitäten in den einzelnen Theilen des Apparates sich befinden. Es lassen sich namentlich zu ersterem Zwecke verschiedene Methoden benutzen, welche alle nur mit leichten Rechnungen verknüpft sind, und von denen eine hier Platz finden möge.

Das Verhältniß, in welchem sich die Elektricität zwischen der als Ueberträger benutzten Kugel und dem Apparate theilt, sey das von m zu n . Dieses Verhältniß wird dasselbe seyn bei jedem mitgetheilten Elektricitätsquantum. Treibt nun eine in ihrer elektroskopischen Kraft recht constante Säule das elektrische Quantum q auf die Kugel, so wird nach der Berührung des Zuleitungsdrahtes noch das

Quantum $\frac{q \cdot m}{m+n}$ auf der Kugel sich befinden. Dem hier-

bei entstandenen Ausschlagswinkel entspreche die Zahl z der Tabelle II. Ueberträgt man, ohne den Apparat zu entladen, wiederholt und rasch hinter einander die Elektricität der Säule durch die Kugel an den Zuleitungsdraht, so wird im Apparate bald so viele Elektricität aufgehäuft, daß von der Kugel so gut wie keine mehr auf ihn übergeht ¹⁾; also nach der Berührung des Zuleitungsdrahtes noch das Quantum q auf ihr sich befindet. Dem jetzt sich herausstellenden Ausschlagswinkel entspreche die Zahl Z der Tabelle II. Da nun:

$$\frac{q \cdot m}{m+n} : q = z : Z,$$

so ist:

$$\frac{m}{n} = \frac{z}{Z-z}.$$

1) Wäre z. B. die Kugel so klein, daß $\frac{m}{n} = \frac{1}{15}$, so würde doch nach 15-maligem Uebertragen nur noch $\frac{1}{133}$ von der Elektricität derselben auf den Apparat hinübertreten.

Diese Methode ist sehr sicher, sobald die Säule aus so vielen Elementen besteht, daß die Ausschlagswinkel groß genug werden, und z so wie Z aus dem Mittel einer hinreichenden Anzahl von Versuchen bestimmt sind. Ist $\frac{m}{n}$ einmal gefunden, so sieht man leicht, wie die am Ende des vorigen § gewünschte Umformung der Tabelle II zu bewerkstelligen ist. Man überträgt mittelst der Maafskugel die Elektricität einer Säule von p Elementen an den Apparat; entspricht dem entstandenen Ausschlagswinkel die Zahl z der Tabelle II, so multiplicirt man alle ihre Zahlen mit $\frac{pn}{z(m+n)}$. — Es ist wohl noch nicht an der Zeit, bei diesen Punkten weiter zu verweilen, und mag das Ange deutete genügen.

I. Nachtrag über die elastische Nachwirkung beim Cocon- und Glasfaden, und die hygroskopische Eigenschaft des ersteren.

§. 15.

Nachdem W. Weber ¹⁾ auf die elastische Nachwirkung bei den Seidenfäden aufmerksam gemacht hatte, konnte ihre Torsionskraft als Maafs einer anderen Kraft nur mit Mißtrauen benutzt werden. Weber hat diese Nachwirkung zunächst an longitudinal gespannten Fäden gemessen, dann auf ihr Vorhandenseyn bei Torsionen hingewiesen. Es liefs sich daher vermuthen, daß selbst bei einem Faden von 8 bis 12 Zoll Länge eine geringere, aber etwas länger dauernde Torsion von erheblichem Einflusse seyn werde, in der Art, daß ein am Faden hängender Körper seine frühere Lage erst nach einiger Zeit wieder einnimmt. Der Dellmann'sche Apparat, wenn er frei von Luftströmungen ist, eignet sich dazu, diese Vermuthung zu bestätigen. Man legt zu dem Ende den Waagebalken an das Streifen, und läßt nun eine beliebige Torsion eintreten und einige Zeit andauern. Hebt man dann die Torsion auf,

1) Götting. gel. Anz., 1835, St. 8. — Poggend. Ann., Bd. 34, S. 247.

so sieht man bei gleichem Stande des Zeigers jetzt einen größeren Winkel zwischen Waagebalken und Streifen, als vor der Torsion geherrscht hatte, sieht aber auch, wie dieser Winkel sich anfangs rascher, zuletzt ungemein langsam seiner früheren Gröfse nähert. Bei einem Faden von 8 Zoll Länge reichte eine Torsion von 40° , welche einige Minuten bestehen blieb, hin, eine Differenz von mehreren Graden im Stande des Waagebalkens herbeizuführen. Als 1080° Torsion während 10 Minuten gewirkt hatten, stellte sich nach Wiederherstellung des vorigen Zustandes der Waagebalken um 60° anders, wendete sich dann natürlich alsbald seiner früheren Stellung zu, doch verging, bevor er sie erreichte, eine beträchtliche Zeit; es betrug nämlich die Differenz von dem früheren Stande nach 2, 7, 16, 30 und 45 Minuten noch bezüglich 37, 18, 9, 5 und 4 Grad. Sobald wir also einer starken oder länger dauernden Torsion des Fadens zur Messung irgend einer abstossenden oder anziehenden Kraft bedürfen, können wir uns des Coconfadens nicht bedienen, wenn es auf Genauigkeit der Resultate ankommt; weil wir nicht wissen, wie viel von der scheinbar angewandten Torsion auf Rechnung der elastischen Nachwirkung zu bringen, also zu subtrahiren ist. Durch Versuche in der bezeichneten Weise läfst sich diefs schwer ermitteln, weil zwischen dem Augenblicke, wo die Torsion aufgehoben, und demjenigen, wo nun zuerst beobachtet wird, immer einige Zeit verstreicht, gerade die, während welcher der Faden am eifrigsten seinem natürlichen Zustande wieder sich nähert.

Um also eine Anwendung auf unser Elektrometer zu machen, so taugt der Coconfaden nicht dazu, die Tabelle I des §. 8 zu bestimmen. Sollte indessen diese Tabelle für ein bestimmtes Instrument durch Anwendung eines Glasfadens gefunden seyn, so würde man jetzt, ohne sehr erhebliche Fehler befürchten zu müssen, zur Vermehrung der Empfindlichkeit den Glasfaden mit einem Coconfaden vertauschen können.

Es wird dann freilich die im folgenden §. bemerkte

Veränderlichkeit des Ladens einige Unbequemlichkeiten nach sich ziehen, indem die Richtung des frei am Faden hängenden Waagebalkens sich häufig verändert, so daß sie auch ohne Luftströme nicht mit der des Zeigers übereinstimmt. Eine erhebliche Schwierigkeit liegt aber nicht darin. Einestheils könnte man durch das im §. 20 angegebene Verfahren den Stand des Zeigers reguliren, wenn die Differenz zu groß geworden wäre; andererseits würde man das Verfahren der Correction wegen der Luftströmungen ganz eben so anzuwenden berechtigt seyn, wenn der Waagebalken ohne Luftstrom in seinem Stande mit dem des Zeigers nicht correspondirt, als wenn die Differenz ihrer Stände von Luftbewegung herrührt, nur dürfte dieselbe nicht zu groß geworden seyn, weil sonst die kleinen Rechnungsungenauigkeiten, welche mit jener Correctionsmethode verbunden sind, über das Maas der sonstigen Beobachtungsfehler hinausgehen würden.

Einen Coconfaden statt des Glasfadens anzuwenden, wird indessen nur dann von Nutzen seyn, wenn man ganz besondere Vorkehrungen gegen die Luftströme getroffen, z. B. den ganzen Apparat mit einer mehrere Zoll dicken Wasserschicht umgeben hat (§. 22). Bei der im §. 2 angegebenen Construction des Instrumentes sind die Luftströmungen immer noch von solcher Erheblichkeit, daß man einen längeren Coconfaden nur unter den günstigsten Umständen gebrauchen könnte, und die Torsionskraft eines 2 Fufs langen Glasfadens von äußerster Feinheit besser mit ihnen harmonirt.

§. 16.

Beim Glase finden wir übrigens die elastische Nachwirkung ganz in derselben Weise wieder wie beim Seidenfaden, nur in viel geringerem Grade. Da meine Versuche über diesen Gegenstand bloß vorläufig gewesen sind und zu keinen ganz bestimmten Zahlengesetzen geführt haben, gebe ich nur einige Beispiele, um die Brauchbarkeit des Glasfadens zu den Elektrometern darzuthun. Sie beziehen sich auf einen Faden von nur 4 Zoll Länge und einer ziem-

lichen Stärke, woraus zu entnehmen ist, daß die Resultate bei einem langen und feinen Faden viel geringer ausgefallen seyn würden.

- a) Eine Torsion von 360 Grad brachte in einer Minute eine Drehung des Fadens hervor, welche $0^{\circ},5$ betrug, und sich in etwa 3 Minuten verlor. Derselben Torsion, wenn sie 4, 16 und 480 Minuten belassen wurde, entsprachen Drehungen von $1^{\circ},8$ — 3° und 6° . Diese verloren sich in beziehungsweise 13, 105 und 720 Minuten.
- b) Wurde 2 Minuten lang eine Torsion von 720° , das andere Mal von 1440° angewendet, so bestand die Wirkung in $2^{\circ},3$ und $4^{\circ},7$, und verlor sich in 40 und 98 Minuten.

Die Wiederherstellung des früheren Zustandes erfolgt überhaupt am raschesten gleich nach Aufhebung der Torsion, sehr langsam, wenn die alte Lage fast erreicht ist.

§. 17.

Bei dem Coconfaden, welchen die Raupe aus zwei runden Fäden zusammenklebt und in vielen unregelmäßigen Windungen um sich herumwickelt, sehen wir, wie die beiden Fäden bald mehr, bald weniger um einander gedreht sind, bald auch streckenweise parallel laufen, und wie die sie verbindende und einbüllende Substanz aus Leim, Eiweiß und harzigen Theilen bald dünner, bald dicker sie überzieht, ja kleine Knötchen und Unebenheiten bildet, so daß das Ganze als ein aus zwei Theilen unregelmäßig gedrehter und zusammengeleimter Faden zu betrachten ist. Hängt an einem solchen Faden ein Gewicht, so werden schwerlich seine beiden Theile in gleicher Weise gespannt werden; je nach den Umständen wird an der einen Stelle der eine mehr tragen, an der anderen der andere, während diese Ungleichheit durch die Festigkeit der Hülle ausgeglichen wird. Dadurch kann durch das anspannende Gewicht auf diese Hülle an den einzelnen Stellen, wo die Fäden sich umeinanderwinden, eine drehende Kraft ausgeübt wer-

den, welche je nach der Gröfse des Gewichts einen durch die Festigkeit der Hülle bedingten Grad der Torsion wirklich herbeiführt. Dieser Grad der Torsion mufs sich dann verändern, wenn die Festigkeit der Hülle sich ändert, und das wird der Fall seyn, wenn Feuchtigkeit Einflufs auf diese Festigkeit besitzen sollte.

Wirklich bemerkt man nicht nur an frisch in einen geeigneten Apparat gebrachten Fäden solche allmähig und langsam erfolgende Veränderungen eines anhängenden Körpers, z. B. des Waagebalkens in einem Dellmann'schen Apparat, sondern nach Monaten noch machen sie sich bemerklich. Allgemeine Gesetze aber giebt es nicht darüber, da die Bewegung an die individuelle Structur des bestimmten Fadens geknüpft erscheint. Befestigt man in einem langen, hermetisch zu verschliessenden Glase einen Faden, welcher unten eine leichte, mit Marken versehene Kugel trägt, und taucht nun dies Glas in ein gröfseres Gefäfs mit Wasser, welches durch eine untergestellte Weingeistflamme zu erwärmen ist, so kann man sich von der hygroskopischen Natur des Coconfadens leicht überzeugen. Einige Resultate solcher Versuche theile ich hier mit.

- a) Ist das Glas, in welchem der Faden hängt, lufttrocken, so stellt sich meist bei Erwärmung des Wassers eine allmähige Drehung der am Faden hängenden Kugel ein, welche zuweilen mehrere ganze Umdrehungen derselben beträgt. Beim Sinken der Temperatur beobachtet man fast immer Rückdrehungen, wenn auch geringere.
- b) Bringt man Schwefelsäure auf den Boden des Gefäfses, so erfolgen die Rückdrehungen beim Erkalten des Wassers nicht, vielmehr pflegt die Drehung in demselben Sinne, doch sehr langsam, fortzuschreiten. Nimmt man nun das Glas vorsichtig aus dem Wasser, und bringt statt der Schwefelsäure einige Tropfen Wasser hinein, so entsteht eine Rückdrehung, welche bei Zunahme der Temperatur rasch wächst. In diesem Falle sah ich einmal die Kugel in Zeit

von einer Viertelstunde an einem 4 Zoll langen Faden acht Umdrehungen machen.

c) Verschiedene Fäden von demselben Cocon verursachen zuweilen unter gleichen Umständen Drehungen in entgegengesetztem Sinne; auch zeigen sich dieselben Umstände, wenn solche Fäden angewendet werden, welche durch Zerspaltung eines Coconfadens in seine beiden Theile entstanden, von dem Ueberzuge aber nicht befreit sind ¹⁾).

d) Kocht man den Coconfaden in Seifenwasser, so befreit man ihn von der einhüllenden Substanz, und theilt ihn dadurch von selbst in seine beiden Hälften. Bei einem der so präparirten Fäden konnte ich durchaus keine Veränderungen im Stande der anhängenden Kugel beobachten, es mochte Schwefelsäure oder Wasser in dem Gefäße seyn; bei einem andern aber zeigten sie sich. Hier war Schwefelsäure im inneren Gefäße, und das außen befindliche Wasser bloß der Lufttemperatur ausgesetzt. Noch nach einem Monate dauerte die Bewegung fort, welche täglich in demselben Sinne einige Grade ausmachte. Vielleicht war dieser Faden nicht vollständig von den einhüllenden Substanzen befreit. Uebrigens bemerke ich auch, daß die so gereinigten Fäden auch die Eigenschaft der elastischen Nachwirkung meist in viel geringerem Grade besitzen als der rohe Coconfaden.

II. Nachtrag über die Luftströmungen in geschlossenen Gefäßen.

§. 18.

Die hinreichend bekannten Luftströmungen in geschlossenen Gefäßen treten mehrfach dem Gebrauche der Drehwaage hindernd entgegen, so daß ich mich viel mit ihnen beschäftigen mußte. Dieser Umstand mag es entschuldigen, wenn ich über sie einige Erfahrungen mittheile, in der Hoff-

1) Man weicht sie vor dem Zerspalten einen Augenblick in destillirtem Wasser ein.

nung, daß vielleicht einem oder dem andern Physiker mit ihnen gedient sey.

Die Ursache der Bewegung der Luft in einem geschlossenen Gefäße ist natürlich nur die Verschiedenheit der Temperatur in den einzelnen Theilen desselben. Danach ist auch die Natur der Bewegung im Wesentlichen durch die Schwere bedingt, d. h. die Luft circulirt in lothrecht stehenden Ebenen. Die Ursachen der ungleichen Temperatur der eingeschlossenen Luft, und davon abhängig, die Natur der jedesmaligen Bewegung können aber verschiedener Art seyn.

a) Werden die Seitenwandungen eines cylinderartigen Gefäßes, denn solche wollen wir uns hier denken, mit flachem Boden und Deckel, in ganz symmetrischer Weise erwärmt, z. B. durch Veränderung der Lufttemperatur aufsen, oder erkalten sie symmetrisch, so erfolgen auch symmetrische Strömungen, d. h. solche, bei welchen der mehr horizontale Weg der Luft von den Seitenwandungen nach der Axe des Gefäßes und umgekehrt gerichtet ist. Bei solchen Bewegungen kann von einer drehenden Wirkung auf einen in der Axe aufgehängten einarmigen oder zweiarmligen Hebel keine Rede seyn, eben so wenig als wenn der ganze Boden oder seine Mitte allein erwärmt, oder als wenn der ganze Deckel oder seine Mitte allein kälter gemacht würde.

b) Haben aber die Seitenwandungen dauernd eine verschiedene Temperatur, — oder erfolgt die Aenderung der Wärme in den Wänden nicht vollkommen symmetrisch, — oder, wenn dieses auch, befindet sich im Innern außerhalb der Axe des Gefäßes ein Körper von einiger Erheblichkeit, so erfolgen Strömungen, welche im Allgemeinen den Charakter haben, daß sie auf einen in der Mitte hängenden, nicht mit ihrer Richtung übereinstimmenden einarmigen Hebel immer, auf einen gleicharmigen doppelten meistentheils drehend wirken. Ganz allgemein ausgedrückt, wird die lothrechte Ebene der stärksten Strö-

nung durch den wärmsten und kältesten Punkt des Gefäßes gerichtet seyn, wie aber im Einzelnen die Bewegung überall sich gestaltet und wie viel von der eingeschlossenen Luft in sie hineingezogen wird, hängt von der Form des Gefäßes und der Lage der ungleich erwärmten Stellen ab.

Ein Fall, wo die Seitenwandungen beständig ungleiche Temperatur besitzen, ist der, wenn es von Glas und unter Verhältnissen aufgestellt ist, wo die Wärmestrahlung nicht durchaus genau nach allen Seiten dieselbe ist. Dieses ist nun aber weder im Freien noch im Zimmer jemals der Fall. Namentlich in letzterem werden regelmäßig nach den Fenstern und nach dem Innern der Stube hin, meist also nach gerade entgegengesetzten Richtungen, ungleiche Strahlungsverhältnisse herrschen. In diesem Falle sind die Vorgänge sehr complicirter Art. Die Größe der Einstrahlung von Wärme auf der wärmeren und der Ausstrahlung auf der kälteren Seite werden abhängig seyn von dem Verhältniß der Temperatur der umgebenden strahlenden Körper zur Gesamttemperatur der Glaswände, oder was meist dasselbe seyn wird, der das Glas umgebenden Luft. Mögen diese Verhältnisse aber auch seyn, welche sie wollen, immer wird die der wärmeren Gegend zugewendete Seite des Glases wärmer seyn als die andere, entweder weil sie weniger Wärme ausstrahlt, oder weil sie mehr eingestrahlte Wärme absorbiert, indem nach der thermischen Natur des Glases die von ihr durchgelassenen Strahlen ebenfalls die entgegengesetzte Glaswand größtentheils durchdringen. Dabei werden die seitlich liegenden Wände mehr indifferent bleiben, wegen der mit der Größe der Winkel wachsenden Reflexion der Wärme.

Stellt man ein solches Glas zwischen den geheizten Ofen und ein Fenster, von beiden in gehöriger Entfernung, so kann man durch vorsichtiges Einbringen kleiner Tabackswolken die Bewegung der Luft sehr gut beobachten ¹⁾. Man sieht

1) Man führt durch die durchbohrte Glaswand vorsichtig ein dünnes Glasrohr, in welches man recht dichten Tabacksrauch geblasen hat, und schiebt

sieht da bei einem cylindrischen Gefäße wie die Bewegung der Luft in aufrechtstehenden Rechtecken erfolgt, nach der Mitte zu mehr in runden Linien; wie alle diese Bahnen mehr oder weniger parallel neben einander liegen, so daß die seitlichen Rechtecke immer schmaler werden; wie die Luft in den größten Rechtecken am schnellsten sich bewegt, je nach den Wärmeverhältnissen in einem gewöhnlichen Wasserglase nach 10 bis 20 und mehr Secunden einen Kreislauf vollendend; wie endlich in der Mitte oder nahe bei ihr eine Stelle ist, welche an der Bewegung kaum wahrnehmbar Theil nimmt. Ueber und unter dieser Mitte haben wir also Bewegungen, welche die Windfahne in entgegengesetzte Richtungen stellen würden.

Luftbewegungen in dem hier allgemein bezeichneten Charakter werden auch in den beiden anderen Fällen eintreten. Hätte man durch irgend welche Vorsichtsmafsregeln die Ungleichheit der Einwirkung von strahlender Wärme vermieden, es wäre aber das Gefäß in der Art construiert, daß seine seitlichen Wandungen an Temperaturänderungen der äufseren Luft nicht symmetrisch Antheil nehmen, so würden ähnliche Strömungen entstehen. Ebenso, wenn im Innern aufserhalb der Axe ein Körper von einiger Erheblichkeit, namentlich aus einer Substanz von bedeutender specifischer Wärme bestehend, sich befände, oder wenn ein guter Wärmeleiter, z. B. ein Draht, durch eine schlechtleitende Wandung in das Innere des Gefäßes hineinragte. In beiden letzteren Fällen wird, auch bei symmetrischer Erwärmung oder Erkaltung der Gefäßwände zu einem Strome Veranlassung gegeben, welcher bei raschen Aenderungen der Temperatur zu einer besonderen Heftigkeit anwachsen kann.

§. 19.

Es entsteht nun die Frage, wie die Luftströmungen auf in dem Rohre keinen nicht ganz anschließenden Strickstock langsam vorwärts. Dadurch tritt eine kleine concentrirte Wolke in das Glas, deren Bewegung, auch wenn sie sich zu langen Fäden ausgezogen hat, man ziemlich lange beobachten kann.

einen doppelten Hebel von gleicher Beschaffenheit der Arme, welcher über oder unter der Mitte des Gefäßes in dessen Axe aufgehängt ist, drehend einwirken können. Wollten wir eine Windfahne, welche auf beiden Seiten der Axe, um welche sie sich dreht, ganz gleich wäre, einem regelmäßigen Winde aussetzen, so würden wir vergeblich auf ihre Bewegungen warten. Dafs in unserem Falle dennoch eine richtende Kraft sich zeigt, ist der Beweis, dafs die horizontal drehende Wirkung der Luftbewegung von der Mitte aus nach der Seite, wo der Strom hingeht, eine andere ist, als von der Seite, wo er herkommt. Schon bei den Beobachtungen mit Tabacksdampf bemerkt man, dafs der Rauch in der Regel beim Aufsteigen näher an der Glaswand ist und schneller sich bewegt, als beim Herabsteigen, und dafs damit verbunden die Stelle im Glase, welche an der Bewegung den wenigsten Antheil nimmt, aus der Mitte gerückt und näher an der warmen Seite liegt. Umgekehrt findet sie sich zuweilen näher an der kalten Seite, und es wird die Bedingung für die eine oder die andere dieser Erscheinungen wohl darin zu suchen seyn, auf welcher Seite die grösste Differenz zwischen der Temperatur der Glaswand und der eingeschlossenen Luft sich befindet, ob also die Bewegung mehr von der Erwärmung oder mehr von der Erkaltung an einer bestimmten Stelle herrührt, ebenfalls auch davon, wie weit der Breite nach auf den entgegengesetzten Seiten die ungleichen Temperaturen sich erstrecken.

Will man aber genauer für die einzelnen Stellungen der Hebelarme die richtende Kraft der Luftströmung erforschen, so mufs man sie durch die Torsion eines Glasfadens, an welchem ein einarmiger Hebel ¹⁾ hängt, kennen zu lernen suchen.

§. 20.

Haben wir einen solchen Hebel in seinem Schwerpunkte an einen Glasfaden befestigt, welcher von der Drehungsaxe

- 1) Einen feinen Silberdraht löst man, um das Gegengewicht am kurzen Arme zu bilden, am einen Ende in der Lampe zu einer Kugel zusammenlaufen.

eines über einem getheilten Kreise spielenden Zeigers getragen wird, während die Stellung des Hebels an einem anderen Kreise abgelesen werden kann, so ist uns die Lage, bei welcher er ohne Torsion des Fadens hängt, noch unbekannt, weil wir die Bewegung der Luft im Innern des Gefäßes nicht sehen, also nie wissen können, ob seine Richtung mit der des Stromes übereinstimmt, oder ob er von demselben gedreht sey. Um die Lage, in welcher er ohne Luftstrom hängen würde, kennen zu lernen, müssen wir den Zeiger nach und nach auf gleiche Winkel von der Gröſſe $\frac{180^\circ}{n}$ so lange fortrücken, bis er einen ganzen Umlauf gemacht hat, und zu gleicher Zeit die Stände des Hebels notiren: Haben sich während dieser Zeit die Wärmeverhältnisse nicht geändert, so werden die mit Punkten auf einer Kreislinie aufgetragenen Stellungen des Hebels gegen einen gewissen Durchmesser paarweise symmetrisch liegen. Dieser Durchmesser giebt die Richtung des Hauptstromes an. Die Symmetrie in den Ständen des Hebels zu beiden Seiten der Windrichtung ist fast immer sehr vollständig. Man ist dadurch zu dem Schlusse berechtigt, *dass das arithmetische Mittel aller Differenzen zwischen den Wänden von Hebel und Zeiger der Winkel sey, um welchen der Stand des Hebels von dem des Zeigers abweicht, wenn kein Luftstrom im Inneren des Gefäßes stattfindet.* Indem man nun den Zeiger auf seinem Träger um diesen Winkel dreht und dann wieder befestigt, hat man die Gewissheit erlangt, dass Hebel und Zeiger in ihren Richtungen genau übereinstimmen müssen, wenn keine Kraft drehend auf den ersteren wirkt.

Diese Methode, die Richtung des Hebels kennen zu lernen, welche ihm ohne Torsion des Fadens zukommt, ist durchaus brauchbar, wenn man die Winkel, um welche man den Zeiger dreht, nicht allzugroß nimmt, und die Wärmeverhältnisse, wofür man schon sorgen kann, nicht zu sehr schwanken. Betragen die Winkel etwa 20° und macht man mehrere solcher Drehungsreihen, so weichen die Mittel der

Differenzen, welche aus jeder Reihe gewonnen sind, in der Regel nicht um $0^{\circ},1$ von einander ab. Derselben Methode bedient man sich natürlich bei dem zweiarmligen Hebel, welcher im Elektrometer gebraucht wird, und zwar, sobald er nur vollkommen horizontal hängt, mit noch größerer Genauigkeit des Resultats.

§. 21.

Jetzt können wir die im Anfange des §. 20 aufgestellte Frage beantworten. Vergleicht man die Torsionen des Fadens, welche durch die Einwirkung des Luftstroms auf den einarmigen Hebel hervorgebracht sind, so sieht man, daß diese Wirkungen meist bedeutender werden, wenn der Hebel mit der Richtung des Windes, wohin er weht, einen spitzen Winkel bildet, als wenn er denselben spitzen Winkel mit der Richtung macht, woher der Wind kommt; sehr selten zeigt es sich umgekehrt. Ist also der Hebel zweiarmlig und steht er nicht rechtwinklig zur allgemeinen Strömungsrichtung, so wird auf den einen Arm ein stärkerer Druck ausgeübt, als auf den anderen, und somit tritt die Erscheinung ein, daß ein zweiarmliger Hebel immer das Bestreben zeigt, sich in die Windrichtung zu stellen. Weicht er von ihr um 90° ab, so ist er gewissermaßen überschlägtig, so gut wie der einarmige, wenn er nach der Richtung zeigt, woher der Wind kommt, d. h. es wird bei sehr schwachem Faden und starkem Luftstrome schwer, die Torsion so zu reguliren, daß diese Stände gerade eintreten.

§. 22.

Aus dem Vorigen werden sich die Mittel ergeben haben, ein Gefäß so einzurichten, daß man von den Luftströmungen möglichst wenig zu leiden habe.

- a) Man bringe den Waagebalken möglichst in der Mitte der Höhe des Gefäßes an.
- b) Man vermeide sorgfältig einen unsymmetrischen Bau desselben und hüte sich vor dem Anbringen von Körpern im Inneren außerhalb der Axe, welche zu Strömungen Veranlassung geben können. Man vermeide also z. B. einen Draht von einiger Dicke durch die Seitenwand oder seitlich durch den Deckel einzuführen.

- c) Man bediene sich nicht gläserner Gefäße, wenn man nicht besondere Mafsregeln gegen die Wärmestrahlung vornehmen will. Solcher Vorkehrungen kenne ich nur eine einzige genügende. Es ist die, den ganzen Apparat mit einer mehrere Zoll dicken Wasserschicht zu umgeben, dazu aber noch, wenn man es mit directem oder auch nur stark reflectirtem Sonnenlichte zu thun hat, eine Metallkapsel über den ganzen Apparat zu stülpen, welche zwei Oeffnungen zum Beobachten hat. Fehlt dieser Metallhut, so wirkt das Sonnenlicht mit enormer Heftigkeit, da die Paar Zoll Wasser nicht vermögend sind, die Strahlen dieser hohen Wärmequelle zu absorbiren. Es ist interessant zu sehen, wie, trotz der Wasserhülle, der Waagebalken vom Sonnenlichte gerichtet wird, wie also, denn eine andere Wirkung ist nicht vorauszusetzen, die innere Seite des Glases, welches aufsen vom Wasser umspült wird, dennoch so stark sich erwärmt. — Ein so von Wasser umgebenes Elektrometer habe ich mit großem Nutzen gebraucht, und dabei von den Luftströmungen so wenig zu leiden gehabt, dafs sie größtentheils ganz unbeachtet bleiben konnten. — Will man das Einschließen in Wasser vermeiden, so schützt eine bewegliche Metallkapsel mit Oeffnungen oder Röhrchen zum Beobachten schon ziemlich.
- d) Ganz brauchbar und zweckmäfsig rücksichtlich geringer Luftströmungen habe ich Gefäße gefunden, bei denen der Körper aus dickem Metall bestand, ein Deckel von Spiegelglas aber in der Mitte das den Faden einschließende Glasrohr trug. Ist der Bau eines solchen Gefäßes und die Art, wie im Inneren die Gegenstände angebracht sind, möglichst symmetrisch, und schützt man noch dazu durch einen breiten Blechring das Ganze, so kann man die Luftströmungen in den nöthigen Schranken erhalten. Auch hier mufs man sich durch Schirme oder Rouleaux des directen oder stark reflectirten Sonnenlichts erwehren.
-

II. Ueber Ströme von Flaschensäulen (Cascadenströme); von H. W. Dove.

Eine große Anzahl elektrischer Wirkungen hängt nicht allein davon ab, wie viel positive und negative Elektricität überhaupt sich abgleicht, sondern auch davon, in welcher Zeit diese Abgleichung erfolgt. Dadurch ist unmittelbar ein doppeltes Verstärkungsprincip für diese Wirkungen gegeben, nämlich Vermehrung der Elektricitätsmenge bei gleichbleibender Entladungsdauer, oder Verminderung der Entladungsdauer bei gleichbleibender Elektricitätsmenge. Wie fruchtbar dieses letztere Princip in Beziehung auf Inductionselektricität sey, habe ich in früheren Abhandlungen (Untersuchungen im Gebiete der Inductionselektricität. Berlin 1842, b. Reimer) nachgewiesen. Die folgenden Untersuchungen zeigen, daß es auch in dem Gebiete der Reibungselektricität eine beachtenswerthe Anwendung findet.

Vier Batterien, jede von 1000 Quadratzoll innerer Belegung und bestehend aus fünf Flaschen, wurden auf vier Isolirschemel aufgestellt. Die gut mit Schelllack überfirnissten Glasfüße derselben waren 25 Zoll hoch bei 1 Zoll Durchmesser, an den mit Stanniol bekleideten kreisförmigen Platten derselben doppelt durchbohrte Drahtklemmen befestigt. Die Innenflächen dieser vier Batterien B_1, B_2, B_3, B_4 mögen mit i_1, i_2, i_3, i_4 bezeichnet werden, die Außenflächen mit a_1, a_2, a_3, a_4 . Die Innenfläche i_1 der ersten Batterie B_1 war mit dem Conductor einer kräftigen Elektrisirmaschine verbunden, die Außenfläche der letzten B_4 mit der inneren Belegung einer Lane'schen Maafsf flasche, deren überspringende Funken die Elektricitätsmenge bestimmten. Die Batterien selbst waren unter einander stufenweise (*par cascade*) zu einem ganzen System, einer Flaschensäule ¹⁾ vereinigt, d. h. die Außenfläche jeder mit der inneren der

1) Wenn man die Combinationen galvanischer Elemente unter einander und elektrischer Flaschen unter einander consequent bezeichnen wollte:

folgenden, also a_1 mit i_2 , a_2 mit i_3 , a_3 mit i_4 , die Verbindungsdrähte von Kupfer, auch an den Innenflächen mit quer durchbohrten Drahtklemmen befestigt. Gesah nun vermittelst des Ausladers die Entladung zwischen der äußeren Belegung a_4 der vierten Batterie und der inneren i_1 der ersten, so entstanden gleichzeitig in den getrennten Drähten vier Entladungsströme, nämlich einer im Schließungsbogen $i_1 a_4$ durch einen Funken vermittelt, und drei ohne Funkenbildung in den Verbindungsdrähten $a_1 i_2$, $a_2 i_3$, $a_3 i_4$. Bei dem darauf folgenden Versuch wurde, nachdem aus a_4 dieselbe Funkenzahl an der Maassflasche erhalten worden, die Verbindung der dritten und vierten Batterie zwischen a_3 und i_4 aufgehoben, und nun a_3 durch den Schließungsbogen mit i_1 verbunden, in welchem Fall drei Entladungsströme $i_1 a_3$, $a_1 i_2$, $a_2 i_4$ entstanden. In gleicher Weise erfolgte darauf die Entladung zwischen i_1 und a_2 , zuletzt zwischen i_1 und a_2 .

Nach Biot's Versuchen (*Traité, II, ch. 10, p. 407*) ist, wenn E die Elektricitätsmenge auf i_1 ist und mE die auf a_1 , wo m den von der Entfernung beider Belegungen von einander und der Isolationsfähigkeit der Zwischenschicht abhängigen Bindungscoëfficienten bezeichnet, dann $m^2 E$ die auf a_2 , $m^3 E$ die auf a_3 , $m^4 E$ die auf a_4 . Bei den angegebenen Versuchen wurde also nach einander die Elektricitätsmenge E abgeglichen mit den Elektricitätsmengen mE , $m^2 E$, $m^3 E$, $m^4 E$.

Bei allen elektrischen Verstärkungsapparaten befinden

so würde es passend seyn für die Verbindung gleichartiger Flächen den Namen *Batterie*, für die alternirende Verbindung den Namen *Säule* in beiden Gebieten zu behalten. 10 galvanische Elemente gleichartig verbunden, d. h. Zink mit Zink, Kupfer mit Kupfer würde eine Batterie von 10 Ketten oder Elementen genannt werden, dieselben Elemente alternirend verbunden, Zink mit Kupfer u. s. f. eine Säule von 10 Elementen seyn. Eine fünfgliedrige Säule einer Batterie zu 10 Elementen würde die Combination von 50 sogleich genau bezeichnen, wie sie erfolgt ist. In demselben Sinn wird eine viergliedrige Säule von Batterien zu fünf Flaschen heißen, daß vier Batterien, jede von fünf Flaschen, *par cascade* mit einander verbunden sind.

sich zwei Elektrizitätsmengen, deren Verhältniß $1 : m$, eine mitgetheilte E und eine durch Vertheilung erregte mE auf zwei gleichen Flächen S . Alle bisherigen Untersuchungen über Schlagweite, Erwärmung, Magnetisierungserscheinungen, Induction und physiologische Wirkungen haben sich, abgesehen von der Veränderung des Schließungsbogens, darauf beschränkt, bei gleichbleibender Oberfläche die Elektrizitätsmenge zu verändern, oder dieselbe Elektrizitätsmenge auf verschiedene Oberflächen zu bringen. Hier wird $1 : m$ verändert, während E und S dasselbe bleibt.

1) Erwärmung.

Mehrere gut unter einander übereinstimmende Versuchsreihen ergaben an einem in den Schließungsbogen eingeschalteten elektrischen Luftthermometer, wenn t die bei der Entladung der ersten Batterie erregte Wärme bezeichnet, folgende einfache Beziehung:

Schließungsbogen.	Verhältniß der E auf beid. Flächen.	Erwärmung.
$i_1 a_1$	$1 : m$	t
$i_1 a_2$	$1 : m^2$	$2t$
$i_1 a_3$	$1 : m^3$	$3t$
$i_1 a_4$	$1 : m^4$	$4t$

Verbindet man nach der Ladung der stufenweise verbundenen Batterien sämtliche innere Belegungen unter einander, ebenso sämtliche äußere, verwandelt man also die Flaschensäule aus 4 Elementen in eine Batterie von vierfacher Oberfläche, so wird auf der inneren Belegung $i_1 + i_2 + i_3 + i_4$ die Elektrizitätsmenge $E(1 + m + m^2 + m^3)$, auf der vereinigten äußeren $a_1 + a_2 + a_3 + a_4$ hingegen $mE(1 + m + m^2 + m^3)$ sich finden, das Verhältniß beider also dasselbe seyn, als auf der ersten Batterie, nämlich $1 : m$. Da nun m ein Bruch ist, der sich wenig von der Einheit unterscheidet, indem der Ueberschuß der freien Elektrizität über die gebundene stets ein geringer Theil der Gesamtelektrizität ist, so wird jetzt nahe die vierfache Elektrizitätsmenge auf der vierfachen Oberfläche sich befinden. Da aber für diese Anordnung nach den Versu-

chen von Riefs sich die Erwärmung wie das Quadrat der Elektricitätsmenge dividirt durch die Oberfläche verhält, so wird sie $4t$ seyn, also dieselbe als bei der Entladung *par cascade* zwischen $i_1 a_4$. Daraus folgt:

Verbindet man die erste innere mit der letzten äusseren Belegung einer Reihe stufenweise mit einander verbundener Batterien, so wird bei dieser Entladung im Schließungsbogen dieselbe Wärme entwickelt, als wenn, nachdem alle inneren und alle äusseren Belegungen mit einander verbunden worden sind, die Entladung erfolgt.

Es ist gerade ein Jahrhundert verflossen, seitdem Franklin die Ladung *par cascade* als ein Mittel vorschlug, eine große Anzahl Flaschen mit einer geringen Anzahl Umdrehungen zu laden. Man habe zuerst die stufenweise verbundenen zu laden, dann sie gleichartig, d. h. alle Innenflächen unter einander, und ebenso die Außenflächen zu verbinden. Dieser Vorschlag findet sich unverändert bis in die neuesten Lehrbücher wiederholt, nur mit dem von Biot gegebenen Zusatz, man müsse, um empfindliche Entladungen und Verluste der Elektricität zu vermeiden, die Verbindungsdrähte nicht auf die Batterien legen, sondern werfen. Dieser Vorschlag zeigt, daß man sich das, was eine Entladung einer Flaschensäule von der einer gewöhnlichen Batterie unterscheidet, weder experimental noch theoretisch klar gemacht hat.

Schaltet man das Thermometer in den Verbindungsdraht $a_1 i_2$ ein, so steigt die Wärme, wenn die Entladung nach einander durch die Schließungsbogen $i_1 a_2$, $i_1 a_3$, $i_1 a_4$ erfolgt. Sie ist in allen Verbindungsdrähten $a_1 i_2$, $a_2 i_3$, $a_3 i_4$ dieselbe, wenn alle vier Batterien durch Verbindung von i_1 mit a_4 entladen werden, und nahe gleich der im Schließungsbogen selbst erhaltenen. Bei gleichen Verbindungsdrähten erfolgen also im Schließungsbogen dieselben Wärmeerscheinungen als in den einzelnen Verbindungsdrähten, d. h. die in jedem Drahte erregte Wärme nimmt stets im Verhältniß der Anzahl der mit einander verbundenen Batterien zu.

Da bei der Entladung einer auf einer gegebenen Ober-

fläche befindlichen Elektricitätsmenge durch Verlängerung des Schließungsbogens, Verdünnung desselben und Einschalten schlechter Leiter der physiologische und thermische Effect vermindert wird, und diese Verminderung durch eine in bestimmten Fällen nachweisbare Verlängerung der Entladungsdauer sich erklären läßt, so wird es gerechtfertigt erscheinen, einen gesteigerten Effect einer Verkürzung der Entladungsdauer zuzuschreiben. Bei dem Zwischendrahte a, i , ist stets dieselbe Elektricitätsmenge auf derselben Oberfläche, die Entladung mag durch den Schließungsbogen i, a , oder i, a , erfolgen, dennoch ist der thermische Effect im ersten Falle viel bedeutender als im letzten. Die Veränderung der Entladungsdauer kann also nur allein der Grund der Erscheinung seyn, und es fragt sich, wodurch sie selbst bedingt wird.

Es ist bekannt, daß wenn man von der inneren Belegung einer isolirt aufgestellten Batterie den Ueberschufs freier positiver Elektricität durch ableitende Berührung entfernt, ein entsprechender Antheil negativer auf der äußeren Belegung frei wird, der, wenn er wieder entfernt wird, inwendig einen neuen positiven Ueberschufs hervortreten läßt, wodurch endlich auf diese Weise durch eine große Anzahl alternirender Funken die Batterie entladen wird. Wenn nun, wie Volta annimmt, bei der momentanen Entladung durch gleichzeitige Berührung beider Flächen dasselbe stattfindet, nur in unmittelbar an einander sich anschließenden Zeitintervallen, so sieht man ein, daß die Summe der einzelnen Entladungen einen desto kürzeren Zeitraum ausfüllen wird, jemehr Elektricität in jeder einzelnen Entladung verschwindet. Diefes hängt ab von dem Ueberschufs $(1-m)E$ der freien Elektricität über die gebundene; je größer also der Unterschied der Elektricitätsmenge auf beiden Oberflächen ist, desto kürzer wird die Entladungsdauer werden. Die mit Zunahme der Differenz $1-m$ gesteigerte Wärme würde auf diese Weise in der dadurch veränderten Entladungsdauer ihre Erklärung finden.

Bei dieser Annahme sind die Zwischenströme ohne Ein-

fluß auf die Erscheinung, sie verändern nur in derselben Weise, als dies im Schließungsbogen erfolgt, ihre Entladungsdauer, weil die auf der Fläche i_1 und a_1 stattfindende Veränderung nothwendig gleichzeitig auf die Elektricität der Flächen a_1 und a_2 reagirt, diese auf i_2 und a_3 u. s. f. Das ganze System verbundener Ströme befolgt also einen ähnlichen Verlauf der Erscheinungen als der Entladungsact des Schließungsbogens.

Es ist aber auch möglich, daß in der Verbindung mehrerer Ströme zu einem sich gleichzeitig entladenden Systeme der Grund der Beschleunigung liegt. Indem nämlich jedes freiwerdende $+E$ ein gleichzeitig freiwerdendes $-E$ vorfindet, mit dem es sich neutralisiren kann, so kann dadurch die zum Abgleichen nothwendige Zeit in dem Verhältniß der Anzahl der mit einander verbundenen Ströme vermindert werden.

Die erste Annahme setzt voraus, daß dieselben Erscheinungen bei von einander getrennten Batterien sich zeigen würden, welche bei gleicher Oberfläche und gleicher Elektricitätsmenge auf der inneren Belegung sich durch ihre Glasdicke oder das Isolationsvermögen ihrer Zwischenschicht in der Weise von einander unterschieden, daß auf ihren respectiven äußeren Oberflächen sich die Elektricitätsmengen mE , m^2E , m^3E , m^4E befänden. Eine solche directe Vergleichung konnte nicht angestellt werden, da die dazu erforderlichen Apparate nicht zu Gebote standen ¹⁾.

Für die zweite Annahme kann angeführt werden, daß ihr die Resultate der Versuche wenigstens in der Weise nicht widersprechen, daß jede in einem der Zwischendrähte vorgenommene Veränderung bei gleichbleibendem Schließungsbogen alle Ströme, die zu einem System verbunden sind, gleichmäfsig afficirt.

Schaltet man nämlich einen Neusilberdraht in den Schließungsbogen ein, so wird die Erwärmung desselben mit zunehmender Länge des Neusilberdrahts immer mehr vermin-

1) Auffallend ist es, daß man noch nie zu ermitteln gesucht hat, welche Function der Entfernung der Bedingungscoefficient m ist.

dert. Dasselbe erfolgt bei Einschaltung des Neusilberdrahts in einen Verbindungsdraht.

Ein nasser Faden von hinreichender Länge hebt in beiden Fällen alle Wirkung auf das elektrische Luftthermometer auf.

Der Entladungsfunke verliert dabei seine weisse Farbe und wird orange. Er tönt schwach und zündet Pulver. Bei starken Ladungen und einer grossen Anzahl mit einander verbundener Batterien löst sich der Funke, wenn der Faden nicht sehr lang ist, in einzelne weisse Funken auf, und zündet Pulver nicht, sondern verstreut es.

Bei allen am Thermometer erhaltenen Resultaten, dasselbe mochte sich im Schliessungsbogen selbst oder in einem Verbindungsdraht befinden, zeigte sich die entwickelte Wärme dem Quadrate der Elektrizitätsmenge proportional, wie dies für die Entladung gewöhnlicher Batterien bekannt ist. Um genaue Resultate zu erhalten, muss man daher nicht mit einzelnen Flaschen, sondern mit grösseren Batterien die Versuche anstellen, damit, wenn man nicht genau die Erregung bei dem letzten überschlagenden Funken schliesst, der dadurch entstehende Fehler keinen erheblichen Einfluss auf das Resultat habe. Auch müssen die Ständer so vollkommen wie möglich isoliren, weil bei einer ungleichen, nicht vollkommenen Isolation derselben die Entladungsflasche an der letzten äusseren Belegung nicht ein Maass für die Ladungen der einzelnen Batterien abgibt. Der Einfluss, welchen die Ungleichheit der Flaschen auf die Resultate ausübt, kann dadurch beseitigt werden, dass man die einzelnen Batterien in Beziehung auf ihre Aufeinanderfolge unter einander vertauscht.

Die am Thermometer gewonnenen Resultate erhielten eine entschiedene Bestätigung durch eine ausführliche Versuchsreihe über Drahtschmelzen. Die geschmolzene Drahtlänge ist im Schliessungsbogen i, a_4 am grössten, und nimmt continuirlich mit Verminderung der Anzahl der verbundenen Batterien bis zum Schliessungsbogen i, a_1 ab. Da nun dieselbe Steigerung in den Zwischendrahten stattfindet, wenn

die Zahl der combinirten Batterien allmähig vermehrt wird, so können bei vier Batterien vier Drahtlängen gleichzeitig geschmolzen werden, welche, jede einzeln, grösser sind als die bei einer Batterie schmelzbare.

2) Magnetisiren.

Die Zunahme des Magnetisirungsvermögens wurde auf folgende Art erhalten. Die zu magnetisirende Nadel wurde zuerst in ihrer Spirale in den Schliessungsbogen $i_1 a_1$ eingeschaltet. Darauf wurde sie, nachdem sie eine bestimmte Polarisation erhalten hatte, in umgekehrter Lage in die Spirale gelegt und diese in den Schliessungsbogen $i_1 a_2$ aufgenommen. Sie zeigte sich nun umgekehrt magnetisirt. Eine neue Umkehrung erfolgte, wenn sie nun in ihrer ursprünglichen Lage im Bogen $i_1 a_3$ sich befand, eine vierte endlich, wenn sie von Neuem in umgekehrter Lage in die Spirale gebracht war, welche zuletzt in den Bogen $i_1 a_4$ aufgenommen war. Diefes zeigt unmittelbar, dafs die nächstfolgende Magnetisirung jedesmal die stärkere war. Dieselben Umkehrungen werden für die stets im Verbindungsdraht $a_1 i_2$ befindliche Nadel erhalten, wenn die Entladung nach einander durch die Schliessungsbogen $i_1 a_1$, $i_1 a_2$, $i_1 a_3$, $i_1 a_4$ erfolgte.

Bekanntlich hat Savary gefunden, dafs, wenn man eine elektrische Batterie durch einen geradlinig ausgespannten Draht entladet, Stahlnadeln, welche senkrecht auf seine Richtung in verschiedenen Entfernungen von ihm sich befinden, nicht in gleichem Sinne magnetisirt werden, sondern mehrfache Wechsel ihrer Polarität zeigen, so dafs also normale Magnetisirungen mit zunehmender Entfernung durch Null in anomale übergehen, diese wiederum in jene und so fort. Eben so hat er nachgewiesen, dafs bei gleichbleibender Entfernung eine Veränderung der Stärke der Entladung ähnliche Umkehrungen hervorruft. Ich habe an einem anderen Orte ¹⁾ gezeigt, dafs man ganz dieselben Ergebnisse mit dem Ladungsstrome erhält, d. h. mit dem Ver-

1) Berichte der Academie, 1846, S. 367.

bindungsdrahte der äußeren Belegungen zweier isolirten Batterien, von denen die eine geladen, die andere ungeladen ist, in dem Augenblick, wo die inneren Belegungen derselben in leitende Verbindung gebracht werden, und daß auch hier, wie es Hankel für den Entladungsstrom gezeigt hat, die Wechsel leichter erhalten werden, wenn man den Strom durch Einschaltung größerer Drahtlängen verzögert. Unter der Voraussetzung, daß die bisher erwähnten Erscheinungen der Entladungen von Flaschensäulen einer Verkürzung der Entladungsdauer ihre Entstehung verdanken, muß es bei diesen schwieriger seyn, die Savary'schen Umkehrungen zu erhalten.

In der That konnte selbst bei Einschaltung von 50 Fuß dünnen Neusilberdrahts bei starken und schwachen Nadeln die Umkehrung nicht erhalten werden, wenn die Entladung im Schließungsbogen i, a , durch eine gespannte Saite erfolgte, welche die Kathete eines Dreiecks bildete, dessen Hypotenuse eine lange Scale war, auf deren parallelen Theilstreichen die Nadeln in gleichen Abständen von einander befestigt waren. Hingegen gelang es, in einer im Draht i, a , eingeschalteten Magnetisirungsspirale mehrfache Wechsel der Polarität zu erhalten, wenn die Intensität der Ladung durch Vermehrung der Funken der Maafsflasche allmählig gesteigert wurde. Daher ist es wahrscheinlich, daß bei weiter fortgesetzten Versuchen auch Umkehrungen bei der ersten Art erhalten worden wären.

3) Schlagweite.

Auf den Isolirschmel der ersten Batterie wurde ein Funkenmikrometer gestellt, dessen eine Kugel mit der Innenfläche derselben i , die andere mit der Außenfläche a , metallisch verbunden war. Nach einer bestimmten Anzahl Funken der Entladungsflasche entlud sich die erste Batterie von selbst durch einen zwischen den Knöpfen des Funkenmikrometers überspringenden Funken. Bei einer geringeren Anzahl Funken der Maafsflasche erfolgte die Selbstentladung der ersten und zweiten Batterie, wenn die eben so

weit entfernten Knöpfe des auf dem zweiten Isolirschemel aufgestellten Mikrometers die Belegungen i_1 und a_2 bei der Entladung verbunden, bei einer noch geringeren Anzahl, wenn das Funkenmikrometer im Schließungsbogen $i_1 a_3$, bei der geringsten in $i_1 a_4$. Die Zunahme der Schlagweite erfolgt für gleiche Ladung im quadratischen Verhältniß der angewendeten Batterie. Man erhält dies unmittelbar auf folgende Weise.

Nachdem für die erste Batterie die Funkenzahl der Entladungsflasche bestimmt ist, welche für einen gegebenen Abstand x der Knöpfe des Funkenmikrometers die Selbstentladung der ersten Batterie vermittelt, giebt man dem Mikrometer nach einander die Abstände $4x$ im Bogen $i_1 a_2$, $9x$ im Bogen $i_1 a_3$, $16x$ im Bogen $i_1 a_4$. Die Selbstentladung erfolgt dann bei derselben Funkenzahl der Maafsflasche. Es ist also:

Schließungs- bogen.	Vertheilungs- coefficient.	Schlagweite.
$i_1 a_1$	m	x
$i_1 a_2$	m^2	$4x$
$i_1 a_3$	m^3	$9x$
$i_1 a_4$	m^4	$16x$

Das Funkenmikrometer wurde nun in den Verbindungsdraht $a_1 i_2$ der ersten und zweiten Batterie eingeschaltet, dieselben aber während der Ladung durch einen zweiten Draht metallisch verbunden. Dieser wurde dann vermittelt eines isolirenden Handgriffs entfernt, so daß die Verbindung der Batterie durch den Abstand der Kugeln des Mikrometers unterbrochen war. Vermittelt des Ausladers wurde nun i_1 successiv mit a_1 , a_2 , a_3 , a_4 verbunden, und dieselbe Zunahme der Schlagweite am Verbindungsdraht erhalten wir im Schließungsbogen.

Unterbrach man gleichzeitig in zwei Verbindungsdrähten den Zusammenhang der Batterien, so ergab sich die Summe beider Schlagweiten noch kleiner als die einer einzigen Unterbrechung in einem Draht. Während die Wärmeerregung bei einer combinirten Batterie in jedem der vier Ver-

bindungsdrähte die vierfache ist, bezieht sich die sechzehnfache Schlagweite daher nur auf die Gesamtheit der die Schließung als ein Ganzes vermittelnden Drähte.

4) Physiologische Wirkung.

Sie konnte nur geprüft werden, wenn ihre Intensität durch Einschalten eines nassen Fadens geschwächt war, schien aber dann mit der Anzahl der combinirten Batterien zu wachsen.

5) Wirkungen unvollkommener Schließung.

Verbindet man die Innenfläche der ersten Batterie durch einen Metallstreifen mit der Erde, nachdem das ganze System durch eine bestimmte Anzahl Funken der Entladungsflasche geladen worden ist, so bildet die Erde einen schlechter leitenden Schließungsbogen mit der äußeren Belegung der Entladungsflasche. Man sieht dann zwischen den Knöpfen der Entladungsflasche in kurzen, aber stets zunehmenden Zeitintervallen die Funken zurückschlagen, welche vorher bei dem Laden als Maafsstab dienten. Die Untersuchung der Flasche zeigt, dafs sie dabei entgegengesetzt geladen worden ist. Verbindet man, nachdem die Ladung des ganzen Systems erfolgt, die äußere Belegung der Maafsflasche aber durch eine ununterbrochene metallische Leitung mit der Innenfläche i , der ersten Batterie, so erscheint die frühere Funkenreihe als ein einziger starker Funke zwischen den Knöpfen der Flasche. Verbindet man endlich, nachdem die Maafsflasche durch den letzten Funken entladen ist, ihre äußere Fläche mit der äußeren Fläche einer ungeladenen, nicht isolirten Batterie und dann deren innere Fläche mit der Innenfläche i , der ersten Batterie, so wird diese geladen. Diese Erscheinungen versinnlichen, was bei der Entladung der Flaschensäule in den Zwischendrähren erfolgt.

Eine Karte wird durch den Cascadenstrom ebenfalls an der negativen Seite durchbohrt, ein Stanniolblatt zwischen zwei

Kar-

Kartenblättern an den beiden Stellen, wo die Blätter den Schließungsbogen unterbrechen.

Die Analogie der Entladungserscheinungen einer Flaschensäule mit denen einer galvanischen oder Ritter'schen Ladungssäule bieten sich von selbst dar. So wie wir bei dieser jedes Element als Erreger eines Stromes ansehen, deren Summe in der Wirkung der Säule hervortritt, so erregen hier jede zwei metallisch mit einander verbundenen Belegungen im Moment, daß das Ganze zu einem Kreise geschlossen wird, einen Strom. Bei der galvanischen Säule nehmen wir an, daß jedes Element außer dem Strom, den es erzeugt, zugleich den Weg abgiebt für den Durchgang der Ströme aller übrigen Elemente. Um so interessanter ist es, daß wir hier dieselbe Verstärkung erhalten, ohne daß wir annehmen können, daß verschiedene Ströme in demselben Drahte sich übereinander legen. Der Leitungswiderstand in dem Wege eines partiellen Stromes reagirt auf alle andere Ströme, gerade so als wenn diese selbst diesen Widerstand auch zu überwinden hätten. Dem ist aber nicht so, da die partiellen Ströme durch nicht leitende Schichten von einander getrennt sind.

Verändert man die Oberfläche sämtlicher Batterien um gleichviel, so werden die Größen t , x für die erste Batterie nach bekannten Gesetzen verändert. Diefes gilt natürlich auch für die Verstärkung dieser Größen durch die Verbindung mehrerer gleichen Batterien zu einer Flaschensäule. Verwickeltere Erscheinungen treten aber ein, wenn ungleich große Batterien stufenweise mit einander verbunden werden.

6) Entladungserscheinungen durch Abgleichen entgegengesetzter Elektricitäten von ungleicher Dichtigkeit.

Bei allen bisherigen Untersuchungen über Entladungserscheinungen elektrischer Batterien waren stets die Oberflächen, auf welchen sich die entgegengesetzten Elektricitäten vor der Entladung befinden, gleich. Bei Cascadenströmen können aber diese Oberflächen ungleich, die Dichtigkeit der sich verbindenden Elektricitäten also verschie-

den seyn. Die bisherigen sich auf gleiche Dichtigkeit beziehenden Formeln reichen für diesen Fall nicht aus.

Die einfachste Verallgemeinerung der Entladung einer Batterie mit gleichen Oberflächen wäre die, daß man zwei getrennte Batterien von verschiedenen Oberflächen, durch gleiche Funkenzahl der Maafsflasche getrennt, ladet, aber so, daß die innere Belegung der einen positiv wird, die der andern negativ. Man verbindet dann ihre äusseren Belegungen durch eine die strommessende Vorrichtung enthaltende Leitung, dann ihre innern durch den Auslader. Bei stufenweiser Verbindung zweier Batterien erhält man, wie man sieht, dieselbe Anordnung durch eine einzige Ladung. Da der Einfluß des Verhältnisses $1 : m$ in allen vergleichenden Versuchen derselbe bleibt, so sind die so gewonnenen Resultate davon unabhängig, also allgemein gültig.

Die zwanzig Flaschen wurden in fünf gleiche Batterien getheilt, jede zu vier Flaschen, und vier zweigliedrige Flaschensäulen daraus gebildet, nämlich die mit der Maafsflasche verbundene von vier Flaschen nach einander mit einer Batterie von 4, 8, 12, 16 Flaschen, welche mit dem Conductor verbunden war. Es ergaben sich folgende Temperaturen:

Oberfläche von B_1 .	Oberfläche von B_2 .	Erwärmung	
		beobachtet.	berechnet.
s	s	87°,6	87°,5
s	2s	63,3	62,4
s	3s	51,3	50,6
s	4s	44,8	43,8

Die Werthe der letzten Columnne sind dadurch erhalten, daß die bei gleichen Flächen erhaltene Erwärmung multiplicirt ist mit $\frac{1}{\sqrt{1}}$, $\frac{1}{\sqrt{2}}$, $\frac{1}{\sqrt{3}}$, $\frac{1}{\sqrt{4}}$.

Darauf wurde die unveränderliche Batterie mit dem Conductor, die veränderliche mit der Maafsflasche verbunden. Die Temperatur war:

Oberfläche von B_1 .	Oberfläche von B_2 .	Erwärmung	
		beobachtet.	berechnet.
s	s	94°,3	95°
2s	s	67,4	67,6
3s	s	56,4	54,8
4s	s	47,5	47,5

Die berechneten Werthe sind erhalten durch Multiplication von 95 mit $\frac{1}{\sqrt{1}}$, $\frac{1}{\sqrt{2}}$, $\frac{1}{\sqrt{3}}$, $\frac{1}{\sqrt{4}}$.

Bei der Schwierigkeit an Batterien, die ursprünglich nicht zur Messung von Erscheinungen bestimmt sind, welche Functionen der Größe der Oberfläche sind, genaue Resultate zu erhalten, können diese Zahlen als befriedigend an die berechneten Werthe sich anschließend betrachtet werden. Aus diesen und anderen Combinationen von zwei Batterien, deren beiderseitige Flaschenzahl gleiche Producte giebt, würde folgen:

Befinden sich auf jeder von zwei Flächen s und s_1 gleiche Mengen q positiver und negativer Electricität, so wird die bei dem Abgleichen derselben erregte Wärme proportional seyn $\frac{q^2}{\sqrt{s s_1}}$, für den besonderen Fall der Gleichheit beider Flächen $\frac{q^2}{s}$, wo sie ein Maximum wird.

Zerfällt man das Product in die Factoren q und $\frac{q}{\sqrt{s s_1}}$, so kann der Satz auf folgende Weise ausgesprochen werden: die erregte Wärme ist proportional dem Product der Electricitätsmenge in die Dichtigkeit derselben, wenn sowohl die positive als die negative Electricität vertheilt gedacht wird auf einem Rechteck, dessen Seiten die linearen Dimensionen beider quadratischen Belegungen sind, wobei es gleichgültig ist, ob die positive Electricität sich auf der größeren oder kleineren Oberfläche befand.

Um zu prüfen, ob diese verallgemeinerte Bestimmung der Dichtigkeit sich auch für die Schlagweite bewährt, wur-

den den Kugeln des Funkenmikrometers im Schließungsbogen, wenn die Batterie von 4 Flaschen mit einer von 4, 8, 12, 16 stufenweise verbunden wurde, die Abstände 10, 7,1, 5,8, 5 gegeben. Die Entladung erfolgte bei einer gleichen Anzahl Funken der Maafsflasche; die Schlagweite verhielt sich also wie $\frac{1}{\sqrt{1}}$, $\frac{1}{\sqrt{2}}$, $\frac{1}{\sqrt{3}}$, $\frac{1}{\sqrt{4}}$. Da nun eine Flaschensäule von 2 Batterien von 4 und 9 Flaschen dieselbe Schlagweite gab, als eine von 6 und 6, so wird die Schlagweite $\frac{q}{\sqrt{ss_1}}$ proportional seyn für den besonderen Fall der Gleichheit $\frac{q}{s}$, wo sie ein Maximum.

Da nun überhaupt nur gleiche Mengen positiver und negativer Elektricität sich abgleichen können, so ist der betrachtete Fall beliebig ungleicher Flächen bei gleichen Elektricitätsmengen der allgemeine. Wären die Elektricitätsmengen ungleich, so würde der Strom aus einem Entladungsstrom und Ladungsstrom zusammengesetzt seyn. Für Cascadenströme kann allerdings die Untersuchung noch verallgemeinert werden, wenn man statt einer zweigliedrigen Säule vielgliedrige betrachtet, deren Elemente sämmtlich ungleich sind.

Bei Untersuchungen über die inducirende Wirkung der Ströme an Flaschensäulen wurden die isolirenden Zwischenschichten durch Seitenentladungen durchbrochen, wenn die ohnehin starke Spannung durch Einbringen von eisernen Drahtbündeln in die Spiralen noch gesteigert wurde. Diese müssen daher einer späteren Mittheilung vorbehalten bleiben. Auch wäre es interessant, die Funkendauer in den Schließungsbögen $i_1 a_1$, $i_1 a_2$, $i_1 a_3$, $i_1 a_4$ mit einem Wheatstone'schen Apparat zu untersuchen.

Die Ergebnisse vorstehender Arbeit stelle ich schliesslich noch kurz zusammen:

- 1) Befindet sich auf der Fläche a^2 eine Menge q positiver, und auf der Fläche b^2 eine gleiche Menge negativer

Elektricität, so ist bei der Abgleichung dieser Elektricitäten die erregte Wärme proportional $\frac{q^2}{ab}$, die Schlagweite proportional $\frac{q}{ab}$.

- 2) Die stufenweise Verbindung gleicher Flaschen zu einer Flaschensäule (*batterie par cascade*) steigert in allen Verbindungsdrähten die Wärme im Verhältniß der stufenweise verbundenen Elemente (Flaschen oder Batterien) die Schlagweite im Ganzen im Verhältniß des Quadrats derselben. Magnetisirung und physiologische Wirkungen nehmen ebenfalls mit der Anzahl der verbundenen Elemente zu.
- 3) Eine Vermehrung des Leitungswiderstandes in irgend einem Verbindungsdraht reagirt in gleicher Weise auf die Ströme aller Verbindungsdrähte.
- 4) Die von der Elektricitätsmenge und der Oberfläche abhängigen quantitativen Veränderungen einzelner Stromwirkungen gelten für die aus gleichen Elementen bestehende Flaschensäule wie für jedes einzelne Element.
- 5) Die gesteigerte Wirkung der Flaschensäule kann nur durch eine Verminderung der Entladungsdauer erklärt werden.
- 6) Ob diese Verminderung eine Folge der Combination gleichzeitig sich entladender Elemente, oder eine Function des Verhältnisses der mitgetheilten zur vertheilten Elektricität ($1 : m$) ist, bleibt noch zu ermitteln.
- 7) Neutralisiren sich gleiche Mengen positiver und negativer Elektricität durch eine Entladung, so ist die Dauer derselben am kleinsten, wenn die Elektricitäten bei gegebener mittlerer Dichtigkeit vorher gleiche Dichtigkeit hatten.

III. *Die Ausdehnung einiger flüssigen Körper durch die Wärme; von M. L. Frankenheim.*

Die im letzten Heft mitgetheilten Untersuchungen über die Veränderungen, welche die Synaphie einiger flüssiger Körper mit der Temperatur erleidet, machten auch einige Beobachtungen über den Einfluß der Temperatur auf das specifische Gewicht nothwendig.

Ich bediente mich dazu des in der Abhandlung über die Synaphie beschriebenen und abgebildeten Apparates, in den, statt der ungleicharmigen Heberröhren, einige mit den zu untersuchenden Flüssigkeiten gefüllte Thermometer eingesetzt wurden. Die Röhren hatten einen Radius von 0,5 bis 0,7 Mm., eine Länge von etwa 200 Mm. und eine 700 bis 1400 K. Mm. fassende Kugel. Sie waren vor dem Anblasen der Kugel sorgfältig kalibriert, so daß der Querschnitt für jeden Theil der Röhre bekannt war, ein eingeritztes Zeichen diente als Nullpunkt. Dann wurde die Kugel angeblasen, die Röhre erst leer und dann mit der Flüssigkeit gefüllt abgewogen, und dadurch das Volumen der Röhre bis zum Nullpunkte bestimmt. Anfangs wendete ich bei dieser Bestimmung das Quecksilber an; weil aber die zum Austreiben desselben nothwendige Hitze das Volumen der Kugel ein wenig verändern konnte, so füllte ich sie in der Folge gleich mit der zu untersuchenden Flüssigkeit selbst, deren specifisches Gewicht vorher untersucht war.

Das Citronenöl z. B. hatte bei $18^{\circ},2$ ein spec. Gewicht von 0,8532. Ein Gewicht von 670,5 Milligrm. füllte die Kugel und die Röhre bis 21,3 unter dem Nullpunkte aus; sein Volumen war also, vorausgesetzt daß die Temperatur keine Veränderung erlitten hatte, 785,9 K. Mm. Die Röhre hatte ein Volumen von 23,8 K. Mm. Das Volumen der Kugel bis zum Nullpunkte betrug also 809,7. Die kleine Correction, welche die Veränderung der Temperatur nothwendig machte, konnte, da ein angenäherter Werth dazu genügte, leicht angebracht werden.

Zur Bestimmung des spec. Gewichts bediente ich mich der gewöhnlichen Fläschchen mit eingeriebenem, unten abgerundetem Glaspfropf, die, mit einer Vorsicht angewendet, ganz tadelfreie Resultate geben.

Die nämliche Correction des Glases aus einer schlesischen Hütte ist zu 0,0023 für 100° C. und der Temperatur proportional genommen.

Die Höhe der Flüssigkeit in der Röhre wurde mit dem oben beschriebenen Kathetometer gemessen; da sie aber in einem nicht absolut festen Apparate befestigt war, so mußte stets auch das als Nullpunkt dienende Zeichen beobachtet werden. Die Differenz beider gab die Mittel an die Hand, das Volumen der Flüssigkeit in der Röhre kennen zu lernen.

In allem, was die Thermometer und das Einzelne der Beobachtungsweise betrifft, kann ich auf die frühere Abhandlung verweisen.

Bei diesen Beobachtungen wurde ich von Hrn. Hildebrand unterstützt, der einen Theil derselben, in Verbindung mit denen über Synaphie, zu denen sie gehörten, in der oben angeführten Dissertation Anfang 1844 bekannt gemacht hat. Auch die übrigen Beobachtungen stammen beinahe aus derselben Zeit.

Mein Verfahren unterschied sich von den früher angewendeten in der Anwendung eines durchsichtigen Bades, in welches die Röhren so weit eingetaucht waren, daß die gesammte untersuchte Flüssigkeit eine gleichförmige Temperatur annehmen konnte. Auch die später als die meiningen angestellten, sonst sehr guten Versuche von Pierre haben noch immer den größten Theil der Röhre außerhalb des Bades gelassen. Bei guten Mefsapparaten reicht eine Länge von etwa 60 bis 100 Mm vollkommen zur genauen Bestimmung der Ausdehnungs-Coëfficienten hin.

Ich habe die Beobachtungen sämmtlich zu der Formel

$$V_t = A + Bt + Ct^2$$

berechnet. V_t ist das Volumen bei t° C.

A , B , C sind drei constante, nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnete Größen. Hin und wieder zeigte

der regelmässige Gang der Fehler, dafs auch noch ein Glied Dt^3 mit Nutzen angewendet werden konnte, aber in der Regel reichten drei Glieder vollkommen hin, und schon der Werth von C war etwas unsicher, indem er durch das Weglassen einiger Beobachtungen nicht unbeträchtlich verändert wurde.

Aus dieser Formel habe ich dann die Tabellen von 5^0 zu 5^0 berechnet, und bin, namentlich nach höheren Temperaturen hin, nie weit über die Gränzen der Beobachtungen selbst hinausgegangen. Nach unten hin war eine solche Ueberschreitung, weil das Volumen bei 0^0 stets als Einheit genommen wurde, nicht immer ganz zu vermeiden.

Aufser den Werthen von V_t habe ich noch zwei theoretisch interessante Arten von Quotienten Q_1 und Q_2 berechnet.

$$Q_1 = \frac{dV_t}{dt} = B + 2Ct$$

bezeichnet den Raum, um den sich die Flüssigkeit bei t^0 ausdehnt, den Raum bei 0^0 als Einheit genommen. Der zweite Coëfficient, den man den logarithmischen nennen könnte, giebt dagegen die Ausdehnung bei t^0 , das Volumen bei dieser Temperatur selbst als Einheit genommen:

$$Q_2 = \frac{dV_t}{V_t dt} = \frac{B + 2Ct}{V_t}$$

Wenn man die Wirkung der Abkühlung mit derjenigen einer mechanisch comprimirenden Kraft vergleichen wollte, so wäre es dieser logarithmische Quotient, den man vornehmlich berücksichtigen müfste.

Die Stoffe sind dieselben, mit denen die früher mitgetheilten Beobachtungen über die Synaphie angestellt wurden. Ich kann daher wegen der Bereitungsart und Beschaffenheit der Körper auf die Abhandlung (Poggend. Annalen, S. 177 dieses Bandes) verweisen.

1) Terpenthinöl. Spec. Gewicht = 0,8902 bei 0° C.

$$V_t = 1 + 0,0008474 t + 0,000001248 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,004268	55	1,050382	105	0,102736
10	08599	60	55837	110	08315
15	12992	65	60354	115	13956
20	17447	70	65483	120	19659
25	21965	75	70575	125	25425
30	26545	80	75779	130	31253
35	31188	85	81046	135	37144
40	35893	90	88375	140	43097
45	40660	95	91766	145	49143
50	45490	100	97220	150	55190

t°.	Q ₁ .	Q ₂ .
0	0,000847	0,000847
50	0972	0930
100	1097	0998
150	1222	1058

Die Beobachtungen zwischen 11° und 145°.

2) Citronenöl erster Art. Spec. Gew. = 0,8380 bei 0° C.

$$V_t = 1 + 0,0008660 t + 0,000001161 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,004359	55	1,051142	105	1,103730
10	08776	60	56140	110	09308
15	13251	65	61195	115	14944
20	17784	70	66309	120	20638
25	22375	75	71480	125	26390
30	27025	80	76710	130	32201
35	31732	85	81998	135	38068
40	36498	90	87344		
45	41321	95	92748		
50	46202	100	98210		

t°.	Q ₁ .	Q ₂ .
0	0,000866	0,000866
50	0982	0891
100	1098	1000
150	1204	1024

Die Beobachtungen zwischen 35° und 133°, daher in

dem Verhältniß der Volumina gegen das Volumen bei 0° die Abweichung etwas größer seyn kann als in anderen Fällen.

3) Citronenöl zweiter Art. Spec. Gewicht = 0,8661 bei 0°.

$$V_t = 1 + 0,0007902 t + 0,000002053 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,004002	55	1,049627	105	1,105627
10	08107	60	54810	110	11787
15	12315	65	60045	115	18049
20	16626	70	65383	120	24114
25	21039	75	70824		
30	25555	80	76368		
35	30174	85	82014		
40	34896	90	87763		
45	39720	95	93615		
50	44647	100	99570		

t°	Q ₁ .	Q ₂ .
0	0,000790	0,000790
50	0996	0953
100	1201	1091

Die Beobachtungen zwischen 15° und 122°.

Zwei von einander unabhängige Reihen gaben noch übereinstimmende Werthe für die Constanten der Gleichung. Der für einen Kohlenwasserstoff hohe Werth des Coefficienten von t^2 , d. h. die beträchtliche Zunahme in den Ausdehnungsquotienten, ist wahrscheinlich eine Folge des aus der Luft aufgenommenen Sauerstoffs.

4) Petroleum. Spec. Gew. = 0,8467 bei 0° C.

$$V_t = 1 + 0,0008994 t + 0,000001396 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,004532	55	1,053690	105	1,109828
10	09034	60	58990	110	15826
15	13805	65	64359	115	21893
20	18546	70	69798	120	28030
25	23357	75	75307		
30	28238	80	80886		
35	33189	85	86535		
40	38216	90	92254		
45	43300	95	98042		
50	48460	100	103900		

t°	Q_1	Q_2
0	0,000899	0,000899
50	1039	0991
100	1179	1067

Die Beobachtungen zwischen 24° und 120° .

5) Essigäther. Spec. Gew. = 0,9051 bei 0° C.

$$V_t = 1 + 0,001040 t + 0,00000363 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,005291	30	1,034467	55	1,067818
10	10763	35	40841	60	75468
15	16417	40	47408	65	82917
20	22252	45	54151	70	90587
25	28369	50	61075		

t°	Q_1	Q_2
0	0,001040	0,001040
50	1403	1308

Die Beobachtungen zwischen 13° und 68° .

6) Essigsäure. Spec. Gewicht = 1,0522.

$$V_t = 1 + 0,0004924 t + 0,00000513 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,002525	40	1,023716	75	1,051066
10	05175	45	27246	80	55475
15	07950	50	30903	85	60011
20	10852	55	34685	90	64671
25	13880	60	38591	95	69458
30	17033	65	42624	100	74370
35	20311	70	46782		

t°	Q_1	Q_2
0	0,000492	0,000492
50	744	722
100	995	926

Die Beobachtungen zwischen 13° und 101° .

7) Ameisensäure. Spec. Gewicht = 1,1051 bei 0° C.

$$V_t = 1 + 0,0005126 t + 0,000002721 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,002631	55	1,036424	105	1,083822
10	05398	60	40552	110	89310
15	08301	65	44815		
20	11340	70	49215		
25	14515	75	53750		
30	17827	80	58422		
35	21274	85	63230		
40	24857	90	68174		
45	28577	95	73254		
50	32432	100	78470		

t°.	Q ₁ .	Q ₂ .
0	0,000513	0,000513
50	0784	0760
100	1087	1008

Die Beobachtungen zwischen 15° und 99°. Die Differenzen zwischen der Rechnung und den Beobachtungen sind so beträchtlich, daß die quadratische Formel nur als Annäherung gelten kann.

8) Ameisensäure. Spec. Gewicht = 1,04405 bei 0° C.

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,00210	40	1,01709	75	1,03699
10	0420	45	1934	80	4116
15	0631	50	2164	85	4567
20	0843	55	2401	90	5053
25	1057	60	2653	95	5579
30	1272	65	2940	100	6151
35	1489	70	3309		

t°.	Q ₁ .	Q ₂ .
0	0,000210	0,000210
50	0567	0555
100	1150	1083

Die Beobachtungen zwischen 13° und 94°. Ihre Differenz von der Rechnung ist bei dieser verdünnten Lösung natürlich noch größer als bei der concentrirteren Amei-

sensäure, sie würde ein Tausendstel des Ganzen überschreiten. Denn die bekanntlich sehr unregelmäßige Ausdehnungsweise des Wassers theilt sich den mit Wasser verbundenen Körpern um so stärker mit, je größer ihr Wassergehalt ist. Die Tabelle enthält daher *nicht* aus der Formel berechnete, sondern aus der graphischen Aufzeichnung interpolirte Werthe.

9) Chlorzinklösung. Spec. Gewicht = 1,3632 bei 0°.

$$V_t = 1 + 0,0005435 t + 0,000001320 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,002750	40	1,023852	75	1,048187
10	05567	45	27130	80	51928
15	08449	50	30475	85	55734
20	11398	55	33885	90	59606
25	14412	60	37362	95	63545
30	17493	65	40904	100	67550
35	20639	70	44513	105	71520

t°.	Q ₁ .	Q ₂ .
0	0,000543	0,000543
50	675	655
100	807	757

Die Beobachtungen zwischen 15° und 103° nur in geringer Anzahl, da auch die Synaphie nur gelegentlich bestimmt ward.

10) Kalilösung. Spec. Gewicht = 1,2738 bei 0°.

$$V_t = 1 + 0,0004150 t + 0,000000577 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,002083	40	1,017522	75	1,034369
10	04208	45	19843	80	36891
15	06355	50	22192	85	39442
20	08531	55	24570	90	42022
25	10736	60	26976	95	44631
30	12969	65	29401	100	47268
35	15232	70	31876		

t°	Q_1	Q_2
0	1,000415	1,000415
50	0473	0463
100	0530	0501

Die Beobachtungen zwischen 13° und 101° . Der Gang ist also fast linear.

Die Coëfficienten sowohl von t als von t^2 sind also bei allen diesen Körpern positiv. Bei dem Wasser wird der erste bekanntlich in niedrigen Temperaturen negativ; aber der Coëfficient von t^2 behält auch dann, so wie überhaupt bei allen bis jetzt untersuchten Körpern seinen positiven Werth. Stellt man die Grade der Temperatur so, daß das Volumen der Luft, von der Abweichung vom Boyle'schen Gesetze abgesehen, sich durch

$$V_t = 1 + A V_t$$

ausdrücken läßt, so wird daher bei allen Körpern, die man kennt, das Wasser nicht ausgenommen, der Quotient $[Q_1]$ mit der Temperatur steigen.

Frier- und Siedpunkte üben auf den Gang der Ausdehnung gar keinen Einfluss aus. Es ist eine völlig unbegründete Meinung, daß die Veränderung, welche das Volum eines Körpers im Moment des Erstarrens erfährt, sich auch noch auf höhere Temperaturen ausdehne. Die Ausdehnung des Wassers unter 4° C. geht ganz ungestört weit unter den Frierpunkt hinab, und die Intensität derselben steht der starken Ausdehnung, die das Frieren selbst hervorbringt, weit nach. Das sich durch Frieren stark zusammenziehende Quecksilber zieht sich von 150° an fast ganz gleichförmig zusammen, ohne in der Nähe seines Frierpunktes die geringste Spur einer Beschleunigung zu zeigen. Daß auch die Synaphie von dem Frierpunkt unberührt bleibt, habe ich früher nachgewiesen.

Der Siedpunkt ist eigentlich eine für die Flüssigkeit selbst zufällige Temperatur. Eine jede kann unter gewissen Umständen zum Siedpunkte werden. Eine Theorie, die den

Siedpunkt in Verbindung mit den Eigenschaften der Flüssigkeit selbst betrachtet, ist daher, wenn man es streng nehmen will, unzulässig. Man müßte an seiner Stelle die Elasticität des Dampfes nehmen. Aber diese Elasticität ist eine ziemlich verwickelte, und daher bis jetzt nach ihren Gesetzen noch wenig bekannte Erscheinung. Ich halte es für wahrscheinlich, daß eine das Gesetz der Elasticität ausdrückende Formel, die in ihren Hauptzügen offenbar eine exponentielle Function der Temperatur ist, einen Factor enthalte, welcher dem specifischen Gewichte direct proportional ist. Aber sie hängt außerdem von einer bis jetzt nicht meßbaren GröÙe ab, bei dem Wasserdampfe von der Hygroskopie der Gefäßwände, bei anderen Dämpfen von einer analogen Ursache, für welche die Physik noch keinen passenden Ausdruck hat, nämlich der Fähigkeit fremder, fester oder flüssiger Körper, die Dämpfe noch vor ihrem Sättigungspunkte an ihrer Oberfläche oder in ihren Poren zu condensiren. Diese zweite Ursache ist es namentlich, welche die Entdeckung der wahren Gesetze der Dampfelasticität verhindert hat. Vielleicht würde die genaue Kenntniß der Elasticität des Quecksilberdampfes, die man, ungeachtet der Beobachtungen von Avogadro, als unbekannt ansehen muß, zur Kenntniß des wahren, nicht mit Interpolationsformeln zu verwechselnden Naturgesetzes führen.

Die Vergleichung der Intensität der Ausdehnung und des Grades ihrer Gleichförmigkeit mit den übrigen Eigenschaften der Körper würde noch zu manchen interessanten Ergebnissen führen. Ich würde aber dann auf die sämtlichen Beobachtungen dieser Art, namentlich auf die zahlreichen und genauen, welche Pierre seit Kurzem angestellt hat, zurückgehen müssen, und dieses würde hier, wo ich die Ausdehnung durch Wärme bloß als Hilfsmoment bei der Berechnung der Synaphie betrachten wollte, zu weit führen.

IV. *Ueber eine Vereinfachung des Heliostats;*
von C. A. Grüel in Berlin.

Die Ausführung eines Heliostats von der bisher bekannten ziemlich complicirten Einrichtung ist, wenn daran nothwendig die Anforderung der genauen, sorgfältigsten Arbeit als Bedingung für die Brauchbarkeit dieses Werkzeugs gemacht werden muß, eben so schwierig als kostspielig. — Andererseits führen so manche höchst interessante Versuche, nicht minder die neuen zur Bereicherung der Lehre und Kenntniß vom Licht und der Wärme beitragenden Untersuchungen, bei welchen man eines, wenigstens für die Dauer des Versuchs nahezu feststehenden Lichtstrahls bedarf, gegenwärtig häufiger das Bedürfnis herbei, das erwähnte Instrument in Anwendung zu bringen, dessen Vereinfachung daher nicht unerwünscht seyn kann.

Das von August (in s. Bearb. d. Fischer'schen Lehrb. d. mech. Naturlehre, Th. II) erläuterte Princip eines einfacheren Heliostats gab mir Veranlassung, bereits anfangs d. J. die Herstellung eines solchen nach der dort ausgesprochenen Idee zu versuchen, um so mehr, als es mir möglich schien, die dadurch gewonnene Vereinfachung, namentlich in Bezug auf die mechanische Einrichtung, mit einigen, wie ich glaubte, nicht unerheblichen Vortheilen, noch vollständiger erreichen zu können.

Die Aufgabe, welche bei dem neuen Instrument zu lösen ist, besteht darin: eine Axe, welche den metallenen Planspiegel trägt, dessen Ebene parallel dieser Axe seyn muß, zuerst genau in die Richtung der Weltaxe einstellen zu können, so, daß der Winkel, den sie mit dem Horizont bildet, allemal gleich sey der Polhöhe des Beobachtungsortes; ferner dieser Axe durch ein Uhrwerk solche gleichmäßige und drehende Bewegung zu ertheilen, bei welcher sie innerhalb 24 Stunden gerade *eine halbe* Umdrehung im Sinne der täglichen scheinbaren Bewegung der Sonne
 vol-

vollendet. Wenn, nach geschehener Orientirung des Heliostats, das Uhrwerk den Spiegel bewegt, und dieser gleich Anfangs so gestellt wurde, daß der von ihm zurückgeworfene Sonnenstrahl eine für den beabsichtigten Versuch bequeme Richtung erhielt, so bleibt fortan diese Richtung, der weiter rückenden Sonne ungeachtet, unverändert dieselbe; ein Erfolg, welcher nothwendig eintreten muß und leicht erklärlich wird, wenn man sich des Verhältnisses erinnert, in welchem ein reflectirter Strahl fortschreitet, wenn in einem Fall der Spiegel ruht, der ihn treffende Strahl aber seine Richtung ändert; in einem anderen Fall aber der Spiegel sich dreht und der ihn treffende Lichtstrahl unverändert bleibt. — Angenommen, hier und dort geschehen die beiden Bewegungen mit gleicher Winkelgeschwindigkeit, so rückt in dem zuletzt bemerkten Fall der reflectirte Strahl doppelt so rasch weiter, als im ersteren.

Vermöge der täglichen Bewegung der Sonne würde der reflectirte Strahl, wenn der Spiegel ruhte, innerhalb einer Stunde 15° nach einer dem Sonnenlauf entgegengesetzten Richtung zurücklegen. Durch die drehende Bewegung des Spiegels aber, welche in einer Stunde $7^\circ \frac{1}{2}$ beträgt, wird er in dieser Zeit um 15° nach einer mit dem Sonnenlauf übereinstimmenden Richtung bewegt. Da nun einerseits die Sonne, andererseits der Gang des Instruments beide Bewegungen, mithin deren entgegengesetzten Erfolge gleichzeitig hervorbringt, so muß hieraus für den reflectirten Sonnenstrahl der absolute Stillstand resultiren.

Es ist unnöthig, auf die Aenderung der Declination der Sonne Rücksicht zu nehmen, weil die daraus entspringende Ungenauigkeit in der kurzen Zeit des Versuchs zu unbedeutend ist. Die einzige Beschränkung, welche bei Anwendung dieses Apparats fühlbar werden könnte, liegt darin, daß er den Lichtstrahl nicht, wie die älteren viel zusammengesetzteren Heliostaten, nach jeder beliebigen Richtung zu lenken gestattet; indem die dem Experimentator zur Verfügung stehenden Strahlen ausschließlich in der Oberfläche eines Kegels liegen, dessen Spitze der Spiegel bildet und

dessen Basis durch die eben statthabende Declination der Sonne bestimmt ist. Dieser Umstand ist jedoch meistens nicht störend, da von den vielen in jeder Kegelhülle liegenden Strahlen durch Stellung des Spiegels derjenige ausgewählt werden kann, welcher sich den Localitäts-Verhältnissen und dem Versuch am besten anpaßt. Uebrigens würde durch Hinzufügung eines zweiten Spiegels nöthigenfalls auch jede gewünschte Richtung zu erzielen seyn.

Anlangend nun die von mir getroffene Abänderung und Vereinfachung, so habe ich von den wenigen wesentlichen Stücken, aus welchen der neue Apparat besteht, auch noch das Uhrwerk hinweggenommen, indem sowohl aus mechanischen als ökonomischen Gründen ein Vortheil daraus entsteht, wenn dieses nicht unmittelbar mit dem Instrument verbunden und sogar ganz entbehrlich wird, insofern der Zweck dieses Uhrwerks mit Hülfe jeder gewöhnlichen Taschen-Cylinderuhr, die doch überall zu Gebot steht, erreicht werden könnte.

Eine Spindeluhr ist für den erwähnten Zweck nicht anwendbar, da in der Regel die Axe des Minutenzeigers beim Zifferblatt hervortritt und für die einmal von mir getroffene Einrichtung eine Drehung nach einer falschen Richtung eintreten würde. Mein Heliostat besteht nämlich aus dem an einer drehbaren Axe befestigten Metallspiegel und einer Verbindung von drei Rädern, welche mit Hülfe konischer Getriebe zuletzt auf diese Drehungsaxe wirken und sie in der früher erwähnten Geschwindigkeit, man könnte sagen: Langsamkeit, bewegen. Das Ganze ruht auf einem länglichen mit Stellschrauben versehenen Brett; die Räderverbindung, innerhalb einer leichten messingnen Zarge ungefähr $1\frac{5}{8}$ " über dem Brett angebracht, ist in hohem Grade einfach, und wird getrieben durch die Axe des Minutenzeigers der geöffneten und auf einem verstellbaren Support liegenden Cylinderuhr. Das erste Rad hat an dem unteren Ende seiner Axe ein an zwei Gelenken befestigtes Canon, welches sich durch Höherstellen des Supports mit der Uhr leicht in Verbindung bringen läßt und zugleich die etwa

nicht vollkommen centrische Lage der Uhr unter dem Rade unschädlich macht. Die kleinste und schwächste Uhr wird im Stande seyn, ohne die mindeste Störung ihres Ganges diesen Dienst zu verrichten, was erprobt und auch begreiflich ist, wenn man bedenkt, daß ihre Bewegung mit 48maliger Verlangsamung auf den Spiegel übertragen wird, und zwar mit einem bedeutenden, aus den einfachsten Sätzen der Mechanik erklärlichen Kraftgewinn. — Diejenigen Uhrwerke, welche nicht permanent im Gange gehalten, vielleicht auch nicht so vollkommen verschlossen werden können, daß nicht Staub oder die Verdickung des Oels an den Zapfen nach längerer Zeit einen hemmenden Einfluß üben sollten, pflegen zuweilen nach gehabten Ferien den gewünschten Dienst zu versagen; die Anwendung der Taschenuhr beseitigt auch diesen Uebelstand, und in welchem geringeren Grade ein etwa fehlerhafter Gang derselben, von angenommenen 5 Minuten täglich, die Richtung des reflectirten Strahls alterirt, ergiebt sich aus der Berechnung, daß die Differenz nach Verlauf einer Stunde nur $0,052^\circ$ beträgt. Wichtiger für die constante Richtung des Strahls ist die mit aller Sorgfalt vorzunehmende Aufstellung und Orientirung des Instruments, welche, wenn sie einmal geschehen ist, in ferneren Fällen durch nicht schwierig zu findende Hilfsmittel leicht wieder bewerkstelligt werden kann.

*VI. Vom dynamischen Gleichgewicht der Elektrizität
in einem Körper und im unbegrenzten Raum;
vom Dr. W. Smaasen in Utrecht.*

In einer ersten Abtheilung, die in diese Annalen (Bd. 69 S.161) eingerückt ist, haben wir die Fundamentalgleichungen gegeben, die zum dynamischen Gleichgewichte der Elektrizität in einer Ebene und einem Körper nothwendig sind. Dieser Gleichungen sind drei: 1) diejenige, welche ausdrückt, daß irgend ein unendlich kleiner Raum von gleichen

Elektricitätsmengen in entgegengesetzten Richtungen durchlaufen wird; 2) diejenige, welche ausdrückt, daß die Bedingung der Gränzen erfüllt ist, d. h. daß die krummen Linien oder Flächen gleicher Spannung die Gränzcurve der Ebene oder die Oberfläche des Körpers rechtwinklich schneiden; 3) diejenige, durch welche die Spannung der Elektroden definirt ist. Wir haben von der Aufgabe des dynamischen Gleichgewichts der Elektricität in einer unbegrenzten Ebene die Auflösung gegeben; die gegenwärtige Abhandlung enthält die Anwendungen der Formeln auf das dynamische Gleichgewicht der Elektricität in einem Körper und besonders im unbegrenzten Raum.

I. Von der Vertheilung der Elektricität in einem Körper und im unbegrenzten Raum.

§. 1. Wir beginnen mit der Untersuchung des dynamischen Gleichgewichts der Elektricität im unbegrenzten Raume, wenn sie nur aus einer einzigen Quelle entspringt. Sey M (Fig. 6 Taf. I) der Mittelpunkt der Kugel, durch deren Oberfläche die Elektricität sich in den Raum verbreitet. Wir wählen diesen Punkt zum Centrum der Coordinatebenen. Setzen wir den Radius dieser Kugel $= \rho$ und die Spannung der Elektricität auf ihrer Oberfläche $= \mu$. Offenbar wird sich die Elektricität auf eine symmetrische Weise um den Punkt M verbreiten, so daß die Spannung an allen Punkten auf der Oberfläche einer Kugel, deren Centrum in M ist, gleich seyn wird. Um für diesen Fall die Gleichung des dynamischen Gleichgewichts aufzustellen, beschreiben wir um M als Centrum zwei Kugeln, deren Radien r und $r + dr$ sind. Seyen $abcd$ und $a'b'c'd'$ zwei sphärische Vierseite, eingeschlossen von demselben sphärischen Winkel ω , so wird man, wenn man die Elektricitätsfluth durch die Einheit der Oberfläche $= \Gamma$, die Spannung der Elektricität in einem Punkt $x, y, z = \varphi$, und die Leitungsfähigkeit des Raumes $= k$ setzt, ¹⁾ haben

$$\Gamma = -k \left\{ \frac{d\varphi}{dx} \frac{x}{r} + \frac{d\varphi}{dy} \frac{y}{r} + \frac{d\varphi}{dz} \frac{z}{r} \right\} \quad (1)$$

1) Ann. Bd. 69 S. 162.

Die das Vierseit $a b c d$ durchlaufende Elektricitätsmenge wird seyn $= \Gamma r^2 w$ und die $a' b' c' d'$ durchlaufende $= (\Gamma + d\Gamma)(r + dr)^2 w$, und da es für das dynamische Gleichgewicht nothwendig ist, daß diese beiden Größen gleich seyen, so wird man haben:

$$r^2 d\Gamma + 2r\Gamma dr = 0 \text{ also } \Gamma = -\frac{\alpha k}{r^2},$$

wenn man durch α die Integrationsconstante bezeichnet. Substituirt man diesen Werth in der Gleichung (1), so findet man:

$$x \frac{d\varphi}{dx} + y \frac{d\varphi}{dy} + z \frac{d\varphi}{dz} = \frac{\alpha}{r},$$

aber $x^2 + y^2 + z^2 = r^2$ und

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{d\varphi}{dr} \cdot \frac{dr}{dx} = \frac{x}{r} \frac{d\varphi}{dr}, \quad \frac{d\varphi}{dy} = \frac{y}{r} \frac{d\varphi}{dr}, \quad \frac{d\varphi}{dz} = \frac{z}{r} \frac{d\varphi}{dr},$$

mithin hat man nach Substitution dieser Werthe:

$$\frac{d\varphi}{dr} = \frac{\alpha}{r^2} \text{ und } \varphi = -\frac{\alpha}{r} + \alpha',$$

wo α' eine neue Constante ist.

Man hätte diese nämliche Formel direct aus der vorhin gegebenen Formel (1) ableiten können¹⁾, d. h.

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{d^2\varphi}{dz^2} = 0 \quad \dots \dots \dots (2)$$

was der Ausdruck des dynamischen Gleichgewichts der Elektricität ist. Da nun

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{x}{r} \frac{d\varphi}{dr},$$

so hat man:

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} = \frac{x^2}{r^3} \frac{d^2\varphi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\varphi}{dr} - \frac{x^2}{r^3} \frac{d\varphi}{dr}$$

$$\frac{d^2\varphi}{dy^2} = \frac{y^2}{r^3} \frac{d^2\varphi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\varphi}{dr} - \frac{y^2}{r^3} \frac{d\varphi}{dr}$$

$$\frac{d^2\varphi}{dz^2} = \frac{z^2}{r^3} \frac{d^2\varphi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\varphi}{dr} - \frac{z^2}{r^3} \frac{d\varphi}{dr},$$

nimmt man dieß und jenseits die Summe und setzt man, vermöge der Gleichung (2), das erste Glied gleich Null, so findet man

$$\frac{d^2\varphi}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{d\varphi}{dr} = 0,$$

woraus man leicht den Ausdruck von φ herleitet.

1) Ann. Bd. 69 S. 162.

§. 2. Nun wollen wir annehmen, ein Volta'scher Strom verbreite sich in den Raum durch die Oberfläche zweier Kugeln, deren Abstand $= 2a$ sey. Nehmen wir zur Axe der x die Gerade, welche die Mittelpunkte der beiden Elektroden verbindet; zu Axen der y und z wählen wir die Linien, die den Abstand der beiden Elektroden in zwei gleiche Theile theilen. Sey φ' die Spannung des Punktes x, y, z vermöge der bloßen Wirkung der Elektricität, die er durch die erste Elektrode empfängt, und eben so φ'' die Spannung desselben Punktes vermöge der bloßen Wirkung der zweiten Elektrode, und Φ die Spannung dieses Punktes durch Wirkung des Volta'schen Stroms oder durch gleichzeitige Wirkung beider Elektroden; dann hat man

$$\varphi' = - \frac{a}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2 + z^2}} + a'$$

$$\varphi'' = - \frac{a}{\sqrt{(x+a)^2 + y^2 + z^2}} + a'.$$

Vermöge eines in der früheren Abhandlung angegebenen Theorems ¹⁾ wird nun die Spannung Φ eine lineare Function der Spannungen φ' und φ'' seyn, also:

$$\Phi = \frac{\beta}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2 + z^2}} + \frac{\beta'}{\sqrt{(x+a)^2 + y^2 + z^2}} + \beta''.$$

Da aber Φ verschwinden muß, wenn x oder y oder $z = \infty$, so muß die Constante β'' gleich Null seyn. Die Constanten β und β' werden bestimmt durch die Bedingungen:

$$\Phi = \mu \text{ wenn } (x-a)^2 + y^2 + z^2 = \varrho^2$$

$$\Phi = -\mu \text{ wenn } (x+a)^2 + y^2 + z^2 = \varrho^2.$$

Da wir aber hier, wie in der Folge, voraussetzen, daß der Radius ϱ der Elektroden sehr klein sey gegen den Abstand $2a$, so wird man die Größen von der Ordnung ϱ^2 vernachlässigen können, also:

$$\frac{\beta}{r} + \frac{\beta'}{2a} = \mu, \quad \frac{\beta}{2a} + \frac{\beta'}{\varrho} = -\mu,$$

woraus sich ergibt: $\beta = -\beta' = \varrho \mu$. Also hat man für die Spannung des Punktes x, y, z durch den Einfluß des Volta'schen Stroms:

1) Ann. Bd. 69 S. 166.

$$\Phi = q \mu \left\{ \frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2 + z^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x+a)^2 + y^2 + z^2}} \right\} \dots (3)$$

§. 3. Die Gleichung der Flächen der elektrischen Ströme kann folgendermaßen construirt werden. Man lege durch die Axe der x eine Ebene, welche die Oberfläche des Stroms in einer Curve schneidet, die in den beiden Elektroden endigt. Wenn diese Curve einen Umlauf um die Axe der x macht, so wird sie die Fläche des Stroms beschreiben, welche eine Umdrehungsfläche seyn wird. Die Richtung des Stroms in einem Punkt x, y, z wird bestimmt durch die Winkel ϑ und γ ¹⁾. Sey ψ der Winkel, den diese Richtung mit der Axe der x bildet, so hat man:

$$\begin{aligned} \cos \psi = \cos \vartheta \cos \gamma &= \frac{\frac{d\varphi}{dx}}{\sqrt{\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2}} \cdot \frac{\sqrt{\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2}}{\sqrt{\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dz}\right)^2}} \\ &= \frac{\frac{d\varphi}{dx}}{\sqrt{\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dz}\right)^2}}. \end{aligned}$$

Sey $R^2 = y^2 + z^2$, so hat man

$$\frac{d\varphi}{dy} = \frac{y}{R} \frac{d\varphi}{dR}, \quad \frac{d\varphi}{dz} = \frac{z}{R} \frac{d\varphi}{dR}$$

also

$$\left(\frac{d\varphi}{dz}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2 = \left(\frac{d\varphi}{dR}\right)^2$$

und substituirt man diesen Werth in dem Ausdruck von $\cos \psi$, so findet man:

$$\cos \psi = \frac{\frac{d\varphi}{dx}}{\sqrt{\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dR}\right)^2}} \quad \text{u.} \quad \tan \psi = \frac{\frac{d\varphi}{dR}}{\frac{d\varphi}{dx}}.$$

Allein man hat auch

$$\tan \psi = \frac{dR}{dx}, \quad \text{mithin} \quad \frac{dR}{dx} = \frac{\frac{d\varphi}{dR}}{\frac{d\varphi}{dx}},$$

und substituirt man in dieser Gleichung die aus §. 2 her-

1) Ann. Bd. 69 S. 164.

vorgehenden Werthe von $\frac{d\varphi}{dR}$ und $\frac{d\varphi}{dx}$, so findet man die Differentialgleichung:

$$\frac{dR}{dx} = \frac{\frac{R}{[R^2 + (x-a)^2]^{\frac{3}{2}}} + \frac{R}{[R^2 + (x+a)^2]^{\frac{3}{2}}}}{\frac{x-a}{[R^2 + (x-a)^2]^{\frac{3}{2}}} + \frac{x+a}{[R^2 + (x+a)^2]^{\frac{3}{2}}}},$$

welche folgendermassen geschrieben werden kann:

$$\frac{R dx - (x+a) dR}{[R^2 + (x+a)^2]^{\frac{3}{2}}} = \frac{R dx - (x-a) dR}{[R^2 + (x-a)^2]^{\frac{3}{2}}},$$

oder vielmehr:

$$d \cdot \frac{x+a}{R} = d \cdot \frac{x-a}{R},$$

$$\left[1 + \left(\frac{x+a}{R} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}} = \left[1 + \left(\frac{x-a}{R} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}},$$

deren Integral ist:

$$\frac{x+a}{\sqrt{R^2 + (x+a)^2}} = \frac{x-a}{\sqrt{R^2 + (x-a)^2}} + c.$$

Zur Bestimmung von c hat $R = \rho \sin \vartheta$, wenn $x-a = \rho \cos \vartheta$, dabei bezeichnend mit ϑ den Winkel, welchen die Grade, die den Strom im Punkte seines Verlaufes in die Elektrode berührt, mit der Axe der x macht. Man wird $c = 1 + \cos \vartheta$ finden. Ersetzt man R^2 durch seinen Werth $y^2 + z^2$, so hat man als Gleichung für die Fläche der Ströme:

$$\frac{x+a}{\sqrt{(x+a)^2 + y^2 + z^2}} = \frac{x-a}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2 + z^2}} + 1 + \cos \vartheta \dots (4).$$

§. 4. Wir haben vorhin die Bedingungen aufgestellt, welche für das dynamische Gleichgewicht der Elektrizität in einem Körper statthaben müssen. Die Bedingungen sind: 1) dafs irgend ein unendlich kleiner Raum des Körpers von gleichen Elektrizitätsmengen in entgegengesetzten Richtungen durchlaufen werden mufs; 2) dafs die Flächen gleicher Spannung winkelrecht seyn müssen auf der Gränzfläche des Körpers. Es ist also auch einleuchtend, dafs eine Formel $\Phi = f(x, y, z)$, die den obigen beiden Bedingungen genügt, die Spannung der Elektrizität vorstellen wird, weil das dynamische Gleichgewicht nicht auf zweierlei Weise stattfinden kann. Diese Bemerkung wird uns nützlich seyn, um das dynamische Gleichgewicht der Elektrizität in dem halben Raum und in einem Körper, der von einer durch

die Gleichung (4) definirten Oberfläche begränzt ist, zu finden.

In der That, läßt man eine Ebene durch die Centra der beiden Elektroden gehen, so theilt dieselbe den Raum in zwei halbe Räume; ich setze voraus, es sey bloß der eine Theil aus einer leitenden Materie gebildet, in welche die Elektricität sich verbreiten kann. Die Elektroden werden also Halbkugeln seyn, aber es wird in den Halbraum dieselbe Elektricitätsmenge eintreten wie zuvor. In diesem Falle bleiben die Formeln (3) und (4) dieselben für die Spannung und die Flächen der Ströme in dem Halbraum. Denn die Formel (3) genügt der ersten Bedingung und auch der zweiten, denn erstens verschwindet die Spannung Φ , wenn man x oder y oder $z = \infty$ setzt, und zweitens sind die Flächen gleicher Spannung $\Phi = \text{const.}$ winkelrecht auf der Gränzfläche, welche durch die beiden Elektroden geht und den Raum theilt in einen Theil, der die Elektricität leitet, und in einen andern, der sie nicht leitet; denn die Flächen $\Phi = \text{const.}$ sind Umdrehungsflächen, deren Axe die Axe der x ist, während die erzeugende Curve

$$\frac{1}{\sqrt{y^2 + (x-a)^2}} - \frac{1}{\sqrt{y^2 + (x+a)^2}} = \text{const.}$$

die Axe der x rechtwinklich schneidet; daraus folgt, daß die erzeugte Fläche die Ebene der y, z oder die Gränzebene winkelrecht schneiden muß.

Setzen wir zweitens, daß ein Körper begränzt sey durch eine Oberfläche, deren Gleichung ist:

$$\frac{x+a}{\sqrt{(x+a)^2 + y^2 + z^2}} = \frac{x-a}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2 + z^2}} + c,$$

welche mit Gleichung (4) einerlei ist, und daß die Elektroden, deren Abstand $2a$ ist, auf der Umdrehungsaxe liegen, in gleichen Abständen vom Anfangspunkt der Coordinaten. Ich sage, daß noch in diesem Falle die Formel (3) die Spannung der Elektricität an irgend einem Punkt des Körpers geben wird. Offenbar wird der ersten Bedingung genügt, und auch der zweiten, denn die Gleichung der Fläche wird auch die Gleichung der Fläche des Gränzstroms seyn, mithin müssen auch die Flächen gleicher Spannung winkel-

recht seyn auf der Oberfläche der Körper, weil sie auf den Flächen der Ströme winkelrecht sind.

II. Von dem Widerstande des Raums gegen die Elektrizität.

§. 5. Schreiten wir zur Untersuchung des Leitungswiderstandes in einem Umdrehungskörper für den Fall, daß die Elektroden in der Umdrehungsaxe, d. h. der Axe der x liegen, und daß die Ebene, welche den Abstand der Elektroden in zwei gleiche Theile theilt, nämlich die Ebene der yz , den Körper in zwei diefs- und jenseits dieser Ebene symmetrisch liegende Theile zerschneide.

Sey $\varphi(x, R) = 0$ die erzeugende Curve, welche durch ihre Umdrehung um die Axe der x die Fläche der Ströme erzeugt; die Gleichung dieser Fläche wird also seyn

$$\varphi(x, \sqrt{y^2 + z^2}) = 0.$$

Suchen wir nun zunächst den Widerstand, der zwischen zwei auf einander folgenden Flächen von elektrischen Strömen stattfindet. Der Widerstand wird gleich seyn der Summe der partiellen Widerstände der Elemente dieses Raums. Der partielle Widerstand wird proportional seyn direct der Länge dieses Elements und umgekehrt dem Querschnitt desselben. Seyen Fig. 7 Taf. I AB und $A'B'$ zwei unendlich nahe erzeugende Linien, welche von den erzeugenden Linien ac und bd rechtwinklich geschnitten werden. Läßt man dieses System sich um die Axe der x drehen, so werden die Linien AB und $A'B'$ den Raum zwischen zwei einander folgenden Stromflächen erzeugen, während die Linien ac und bd die Flächen gleicher Spannung erzeugen. Die unendlich kleinen Linien ac und bd werden also winkelrecht seyn auf ab und cd , und man wird ac als Theil der Normale zwischen AB und $A'B'$ nehmen können. Der Querschnitt wird die Fläche eines abgestumpften Kegels seyn, der den mit dem Radius R um die Axe der x beschriebenen Kreis zur Grundfläche und die Linie ac zur Kante hat. Man findet auch, daß der Widerstand der durch Umdrehung des Rechtecks $abcd$ um die Axe der x erzeugten Figur gleich ist:

$$\frac{k \times ab}{2 \pi R \times ac} \dots \dots \dots (1)$$

wenn k der Widerstand des Körpers bezeichnet, dessen Querschnitt und Länge $= 1$ sind.

Sey nun $\psi - b = 0$ die Gleichung der Fläche gleicher Spannung, die durch den Punkt a geht, dessen Coordination x und R sind; b bezeichnet den Parameter, der, wenn man von einer Fläche zu einer anderen, ihr unendlich nahen übergeht, variirt. Sei $\varphi - c$ die Gleichung der durch denselben Punkt x, R gehenden Stromfläche, wo c den variablen Parameter bezeichnet. Wir betrachten die Parameter b und c als variabel; der Calcul wird zeigen, daß diese Wahl die Aufgabe merkwürdig vereinfachen wird.

Seyen x, R die Coordinaten des Punktes a ; $x + \delta x$ und $R + \delta R$ die des Punktes b ; $x + \Delta x$ und $R + \Delta R$ die des Punktes c , so hat man:

$$ab = \sqrt{\delta x^2 + \delta R^2}, \quad ac = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta R^2}.$$

Man wird vom Punkte a zum Punkte b übergehen, wenn man x, R und b variiren läßt, während c constant bleibt; man hat sodann:

$$\frac{d\psi}{dx} \delta x + \frac{d\psi}{dR} \delta R - db = 0; \quad \frac{d\varphi}{dx} \delta x + \frac{d\varphi}{dR} \delta R = 0,$$

aus welchen sich ergibt:

$$\delta x = \frac{-\frac{d\varphi}{dR} db}{\frac{d\psi}{dR} \frac{d\varphi}{dx} - \frac{d\psi}{dx} \frac{d\varphi}{dR}}; \quad \delta R = \frac{\frac{d\varphi}{dx} db}{\frac{d\psi}{dR} \frac{d\varphi}{dx} - \frac{d\psi}{dx} \frac{d\varphi}{dR}}$$

und

$$ab = \sqrt{\delta x^2 + \delta R^2} = \frac{db \sqrt{\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dR}\right)^2}}{\frac{d\psi}{dR} \frac{d\varphi}{dx} - \frac{d\psi}{dx} \frac{d\varphi}{dR}}.$$

Eben so wird man vom Punkt a zum Punkt c übergehen, wenn man x, R, c variiren läßt und b constant setzt; dann hat man:

$$\frac{d\psi}{dx} \Delta x + \frac{d\psi}{dR} \Delta R = 0; \quad \frac{d\varphi}{dx} \Delta x + \frac{d\varphi}{dR} \Delta R - dc = 0,$$

woraus man findet:

$$\Delta x = \frac{\frac{d\psi}{dR} dc}{\frac{d\psi}{dR} \frac{d\varphi}{dx} - \frac{d\psi}{dx} \frac{d\varphi}{dR}}; \quad \Delta R = \frac{-\frac{d\psi}{dx} dc}{\frac{d\psi}{dR} \frac{d\varphi}{dx} - \frac{d\psi}{dx} \frac{d\varphi}{dR}}$$

und

$$ac = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta R^2} = \frac{dc \sqrt{\left(\frac{d\psi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\psi}{dR}\right)^2}}{\frac{d\psi}{dR} \frac{d\varphi}{dx} - \frac{d\psi}{dx} \frac{d\varphi}{dR}}.$$

Durch Substitution dieser Werthe verwandelt sich die Formel (1) in:

$$\frac{k}{2\pi R} \sqrt{\frac{\left(\frac{d\varphi}{dR}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2}{\left(\frac{d\psi}{dR}\right)^2 + \left(\frac{d\psi}{dx}\right)^2}} \cdot \frac{db}{dc}.$$

Der Widerstand W des Raums zwischen den beiden aufeinanderfolgenden Stromflächen wird also gegeben seyn durch:

$$W = \frac{k}{2\pi dc} \int \frac{1}{R} \sqrt{\frac{\left(\frac{d\varphi}{dR}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2}{\left(\frac{d\psi}{dR}\right)^2 + \left(\frac{d\psi}{dx}\right)^2}} \cdot db.$$

Nimmt man als Gränzen des Integrals das Maximum und das Minimum des Werthes von b , so wird man den Werth von W verdoppeln müssen und somit haben;

$$W = \frac{k}{\pi dc} \int_{b_0}^{b_1} \frac{1}{R} \sqrt{\frac{\left(\frac{d\varphi}{dR}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2}{\left(\frac{d\psi}{dR}\right)^2 + \left(\frac{d\psi}{dx}\right)^2}} \cdot db.$$

Der gesammte Widerstand L des Körpers wird, vermöge eines in der früheren Abhandlung angeführten Theorems ¹⁾, gegeben seyn durch die Formel:

$$\frac{1}{L} = \frac{\pi}{k} \int \frac{dc}{\int_{b_0}^{b_1} \frac{1}{R} \sqrt{\frac{\left(\frac{d\varphi}{dR}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2}{\left(\frac{d\psi}{dR}\right)^2 + \left(\frac{d\psi}{dx}\right)^2}} db}.$$

Man nimmt zur unteren Gränze von c den Werth von c , welcher mit $\vartheta = 0$ correspondirt, und zur oberen Gränze von c den Werth von c , welches dem Maximumwerth von ϑ entspricht. Im Fall des unbegrenzten Raumes

1) Ann. Bd. 69 S. 179.

entsprechen die beiden Gränzen von c den Werthen $\vartheta = 0$ und $\vartheta = \pi$.

§. 6. Wenden wir nun diese Formel auf den Widerstand des unbegrenzten Raumes an. In diesem Falle wird man haben:

$$\psi - b = \frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x+a)^2 + R^2}} - b = 0$$

$$\varphi - c = \frac{x+a}{\sqrt{(x+a)^2 + R^2}} - \frac{x-a}{\sqrt{(x-a)^2 + R^2}} - c = 0$$

und also durch Differation finden:

$$\frac{d\varphi}{dR} = \frac{R(x-a)}{[R^2 + (x-a)^2]^{\frac{3}{2}}} - \frac{R(x+a)}{[R^2 + (x+a)^2]^{\frac{3}{2}}}$$

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{R^2}{[R^2 + (x+a)^2]^{\frac{3}{2}}} - \frac{R^2}{[R^2 + (x-a)^2]^{\frac{3}{2}}}$$

$$\frac{d\psi}{dR} = \frac{R}{[R^2 + (x-a)^2]^{\frac{3}{2}}} - \frac{R}{[R^2 + (x+a)^2]^{\frac{3}{2}}}$$

$$\frac{d\psi}{dx} = \frac{x+a}{[R^2 + (x+a)^2]^{\frac{3}{2}}} - \frac{(x-a)}{[R^2 + (x-a)^2]^{\frac{3}{2}}}$$

Leicht verificirt man die Bedingungen:

$$\frac{d\varphi}{dR} = -R \frac{d\psi}{dx}, \quad \frac{d\varphi}{dx} = -R \frac{d\psi}{dR},$$

also:

$$\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dR}\right)^2 = R^2 \left[\left(\frac{d\psi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\psi}{dR}\right)^2\right]$$

und der Ausdruck von W reducirt sich auf den sehr einfachen:

$$W = \frac{k}{\pi dc} \int_{b_0}^{b_1} db = \frac{k}{\pi dc} (b_1 - b_0). ^1)$$

- 1) Will man den Widerstand in Function der rechtwinklichen Coordinaten x und R ausdrücken, so findet man leicht:

$$W = \frac{k}{\pi db} \int_{\varrho \sin \vartheta}^{R'} \frac{\left(\frac{dF}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dF}{dR}\right)^2}{R \frac{dF}{dx} \frac{dF}{d\vartheta}} dR,$$

worin F die Gleichung der Stromfläche bezeichnet. Die Integrationsgränzen sind $R = \varrho \sin \vartheta$ und der Werth von $R = R'$, welchen man erhält, wenn man $x = 0$ setzt. Man muß sich hüten Null für die untere Gränze zu nehmen, denn in diesem Fall würde man die GröÙe

Ueber den Widerstand der Erde gegen Volta'sche Ströme.

Mehre Physiker sind bemüht gewesen, den Widerstand, welchen die Erde dem Durchgange eines Volta'schen Stromes entgegenstellt, zu bestimmen. Die Lösung dieser Aufgabe ist nicht ohne Interesse, seitdem man sich des Erdbodens bei galvanischen Telegraphen als eines Theils der Kette bedient. Herr Jacobi hat zuerst anerkennenswerthe Bemühungen gemacht, auch hat er gefunden, daß der Widerstand der Erde, wenn nicht Null, doch wenigstens sehr klein sey ¹⁾. Andererseits hat Herr Matteucci Versuche zur Bestimmung dieses Widerstandes angestellt ²⁾. Er hat die Stärke des Stromes gemessen, als der Abstand der Platten, die in Wasser getaucht waren, 15, 210, 250 und 2400 Meter betrug, und da in allen diesen Fällen die Stärke des Stroms dieselbe blieb, so hat er daraus gefolgert, der Widerstand der Erde sey Null ³⁾. Dieser Schluss ist aber offenbar falsch, denn das Resultat kann nicht abweichen von dem: »daß der Widerstand der Erde für jeglichen Abstand der Elektroden constant sey.«

Wir haben die mathematische Analyse auf den Fall angewandt, wo der galvanische Strom einen Raum durchläuft, der einerseits von einer die Elektroden enthaltenen Ebene begrenzt, und andererseits unendlich ist. Der Cal-

der Elektroden vernachlässigen, und das Integral würde unendlich werden, weil der Querschnitt eine unendlich kleine Größe zweiter Ordnung würde, wenn die Länge des Elements von erster Ordnung wäre. Das Integral W würde sich mit Hülfe der elliptischen Functionen dreier Arten ausdrücken und die folgende Integration noch \oint würde nicht ausführbar seyn wegen der Complication der transcendenten Functionen, die unter das Integralzeichen kämen.

1) Ann. Bd. 68 S. 423.

2) *L'Institut*, No. 545.

3) *Archives de l'électricité*, par Mr. de la Rive, No. 17 p. 157. — Matteucci behauptet gefunden zu haben, daß der Widerstand der Erde negativ sey. Wir begreifen nicht, wie es möglich war, ein solches Resultat zu veröffentlichen; es hat keinen Sinn und kann nur Beobachtungsfehlern oder der Vernachlässigung irgend eines besonderen Umstandes, z. B. der Polarisation der Platten, zugeschrieben werden.

cul hat uns gelehrt, daß man ringsum die Elektroden krumme Flächen ziehen kann, welche die Eigenschaft besitzen, daß die Spannung der auf ihnen befindlichen Elektrizität für alle ihre Punkte constant ist. Von einer Elektrode zur andern biegt sich die Elektrizität in krummen Linien, welche die Flächen gleicher Spannung rechtwinklich schneiden. Der Raum, welchen die Elektrizität durchläuft, wird eigentlich nicht eine krumme Linie seyn, sondern ein Raum, beschrieben durch ein Rechteck von veränderlicher Größe und unendlicher Kleinheit, welches an diese Curve fortgleitet. Die Elektrizität durchläuft also eine Unendlichkeit solcher Räume, die alle an den Elektroden endigen. Die Rechnung hat uns gezeigt, daß der Widerstand jedes dieser Räume im umgekehrten Verhältniß des Radius der hier als sphärisch vorausgesetzten Elektroden steht und unabhängig von ihrem Abstände ist. Ueberdies wird der Widerstand des Raumes gleich seyn:

$$\frac{k}{2 \pi \varrho} = \frac{\frac{1}{2} \varrho k}{\pi \varrho^3}.$$

Fast dasselbe Resultat giebt die Analyse für den Widerstand eines Körpers, der begränzt ist einerseits durch eine ebene Fläche, in welcher die Elektroden befindlich sind, und andererseits durch eine krumme Fläche von eigenthümlicher Form und gleichen Querdimensionen mit der Erde. Wir sind also zu dem Schlusse berechtigt, daß für einen Körper von der Gestalt der Erde das Resultat nicht erheblich von dem unsrigen abweichen könne.

Also ist auch *der Widerstand der Erde gleich dem eines Cylinders von gleichem Material wie die Erde, der an Länge dem halben Radius der Elektroden und an Querschnitt einem großen Kreise der Elektroden gleich ist.*

Es ist indess etwas schwierig, diesen Widerstand auf den bekannten Widerstand eines Metalldrahts zurückzuführen. Denn wenn man zwei Metallplatten als Elektroden in die Erde stellt, sie einerseits durch einen Leitungsdraht und andererseits durch den die Kette schließenden Erdboden verbindet, so hat man nur die Erde durch einen Leitungs-

draht von solcher Länge zu ersetzen, daß die Stromstärke in beiden Fällen dieselbe bleibe. Allein um daraus den Widerstand der Erde abzuleiten, müßte man die Polarisirung der Metallplatten kennen, und ich glaube nicht, daß man zu deren Bestimmung bis jetzt genaue Methoden besitze.

Für die obere Gränze hat man $x = a - \rho \cos \vartheta$, $R = \rho \sin \vartheta$, also $b_1 = \frac{1}{\rho} - \frac{1}{2a}$; für die untere Gränze hat man $x = 0$, also $b_0 = 0$, so daß:

$$W = \frac{k}{\pi d c} \left\{ \frac{1}{\rho} - \frac{1}{2a} \right\},$$

und vernachlässigt man $\frac{1}{2a}$, welches sehr klein gegen $\frac{1}{\rho}$ ist, so hat man:

$$W = \frac{k}{\pi \rho d c}.$$

Die Gränzen von $c = 1 + \cos \vartheta$ sind $c = 0$ und $= 2$, was sich findet, wenn man $\vartheta = 0$ und $= \pi$ setzt. Mithin hat man für den Widerstand des Halbraums:

$$L = \frac{k}{2 \pi \rho}$$

und für den Widerstand des ganzen Raumes:

$$L = \frac{k}{4 \pi \rho} = \frac{\frac{1}{4} \rho k}{\pi \rho^2} \text{ 1).}$$

»Der Widerstand des ganzen wie des halben Raums steht also in umgekehrtem Verhältniß des Radius der Elektroden, oder vielmehr der Quadratwurzel aus ihrer Oberfläche, und ist unabhängig von ihrem Abstand.«

Man kann dieses Resultat auch so aussprechen: »Der Widerstand des unendlichen Raums ist gleich dem Widerstand eines Cylinders von gleichem Material wie der Raum, von der Länge $= \frac{1}{4} \rho$ und von dem Querschnitt $= \pi \rho^2$.«

Su-

1) Setzt man, ρ sey von irgend welcher Größe, und die Gestalt der Oberfläche der Elektroden sey bestimmt durch die Gleichung:

$$\frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x+a)^2 + R^2}} = \frac{1}{\rho},$$

so wird der Widerstand des Raums gegeben seyn durch die Gleichung:

$$\frac{k}{4 \pi} \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{2a} \right).$$

Suchen wir nun den Widerstand in dem Fall der Ausbreitung der Elektrizität in einem Körper, der begrenzt ist einerseits von einer Umdrehungsfläche, deren Gleichung:

$$\frac{x+a}{\sqrt{(x+a)^2+y^2+z^2}} = \frac{x-a}{\sqrt{(x-a)^2+y^2+z^2}} - c = 0$$

und andererseits von einer ebenen Fläche, die hier die Ebene der zx ist. Ich werde voraussetzen, daß die Elektroden, deren Abstand $2a$ ist, auf der Umdrehungsaxe liegen, in gleichen Abständen vom Anfangspunkt der Coordinaten. Der Maximumwerth von R mag $= 2r$ seyn. Das Integral W wird dasselbe wie im vorherigen Falle seyn, aber die Gränzen der Integration nach c werden sich verändern. Um sie zu bestimmen, braucht man in der vorhergehenden Gleichung nur zu setzen $R=2r$, $x=0$, und so findet man:

$$c = \frac{2a}{\sqrt{a^2+4r^2}},$$

während c für die andere Gränze $= 2$ ist; sonach hat man:

$$L = \frac{k}{\pi q} \frac{1}{2 - \frac{2a}{\sqrt{a^2+4r^2}}}.$$

Wenn indefs r etwas beträchtlich gegen a ist, kann man die Größen von der Ordnung $\frac{a}{r}$ vernachlässigen und so findet man:

$$L = \frac{k}{2\pi q}.$$

Der Widerstand dieses Körpers, dessen Querdimensionen in Bezug auf den Abstand der Elektroden sehr groß sind, wird also derselbe seyn wie der des Halbraums ¹⁾.

1) Wie sich gegenwärtig die Forscher so oft in ihren Untersuchungen begegnen, so ist auch der vorliegende Gegenstand gleichzeitig von einem anderen Mathematiker, Hrn. Dr. L. Ridolfi zu Florenz, bearbeitet worden. Derselbe hat die Güte gehabt, mir bei seiner neulichen Anwesenheit in Berlin die von ihm im Journal *Il Cimento* (1847, *Maggio-Giugno*) darüber veröffentlichte Abhandlung zu übergeben, die in ihren Hauptresultaten natürlich mit der des Hrn. Dr. Smaassen übereinstimmt.

VI. *Ueber die Einwirkung des Ozons, Chlors und Broms auf Mangan- und basische Bleisalze;*
von C. F. Schoenbein.

Zu wiederholten Malen habe ich auf die große Ähnlichkeit aufmerksam gemacht, welche zwischen der chemischen, Volta'schen und physiologischen Wirkungsweise des Ozons und der sogenannten einfachen Salzbildner besteht. Die Thatsachen, deren in Folgendem gedacht wird, deuten diese Analogie in merkwürdiger Art noch weiter aus.

1) Schüttelt man stark (durch Phosphor) ozonisirte Luft mit einer verdünnten wässrigen Lösung schwefelsauren, salpetersauren oder salzsauren Manganoxyduls, so verschwindet rasch das Ozon, und indem dies geschieht, trübt sich die Flüssigkeit und scheidet sich Mangansuperoxydhydrat in Form glänzender Schüppchen von gelblichbrauner Färbung aus. Behandelt man eine solche Mangansalzlösung so lange mit Ozon, bis dieses beim Schütteln nicht mehr zerstört wird, so findet sich in jener keine Spur von Mangan mehr, und enthält die Flüssigkeit nur Schwefelsäure, Salpetersäure oder Salzsäure. Diese merkwürdige Reaction läßt sich am Einfachsten dadurch zeigen, daß man Streifen weissen Filtrirpapiers, mit der Lösung eines der genannten Mangansalze getränkt, in ozonisirte Luft hängt. Unter diesen Umständen zeigen die noch feuchten Streifen schon nach einer Minute eine wahrnehmbare Bräunung, und im Laufe einiger Stunden nehmen dieselben ein schwärzlich braunes Aussehen an und besitzen einen rein sauren Geschmack, ersteres vom Mangansuperoxyd, letzterer von der freigewordenen Säure herrührend. Noch empfindlicher als die feuchten sind die lufttrocknen, mit einem Mangansalze behafteten Streifen; denn führt man solche in ozonisirte Luft ein, so bemerkt man an denselben schon nach wenigen Secunden eine bräunliche Färbung, welche an Intensität rasch zunimmt. Es sind demnach trockne, von einem

Manganoxydulsalze (ich wende zur Bereitung solcher Streifen die Lösung des schwefelsauren Manganoxyduls an) durchdrungene Papierstreifen, nächst dem Jodkaliumkleister, das empfindlichste Reagens für Ozon, und da der besagte Kleister durch so manche andere gasförmige Substanzen (Chlor, Brom, salpetrichte Säure u. s. w.) gebläut wird, dieselben Materien aber unser Probepapier nicht in gleicher Weise verändern, so gebührt letzterem, trotz seiner geringeren Empfindlichkeit, als Ozonreagens der Vorzug vor dem Jodkaliumkleister. Beifügen will ich noch, daß ein Krystall von Mangansulphat, aufgehangen in ozonisirter Luft, schnell mit einer Hülle von Mangansuperoxydhydrat sich umgiebt und nach und nach zerfließt, ohne Zweifel in Folge der Zersetzung des Salzes, d. h. in Folge des Freiwerdens von Schwefelsäure und Krystallwasser.

2) Obgleich der Thatfachen genug vorliegen, welche die Einerleiheit des chemischen (durch Phosphor erzeugten) Ozons mit demjenigen riechenden Körper, der bei der Elektrolyse des Wassers am positiven Pol erhalten wird, außer Zweifel stellen, so wollte ich es doch nicht unterlassen, die Einwirkung des Volta'schen Ozons auf Manganoxydulsalze auch durch den Versuch kennen zu lernen, und ich habe mich überzeugt, daß letztere durch dasselbe ganz so, wie durch chemisches Ozon verändert werden. Schüttelt man größere Mengen des durch Wasserelektrolyse erhaltenen und stark nach Ozon, riechenden Sauerstoffs mit der Lösung eines Mangansalzes, so verschwindet der Geruch und scheiden sich die unter §. 1. erwähnten Schüppchen aus; und hängt man einen mit Mangansulphat präparirten Papierstreifen in solchem riechenden Sauerstoff auf, so bräunt sich jener gerade so, wie in einer durch Phosphor ozonisirten Atmosphäre.

3) Da manche Chemiker immer noch zweifeln, ob beim Ausströmen der gewöhnlichen Elektrizität in die atmosphärische Luft oder in feuchten Sauerstoff die gleiche riechende Materie zum Vorschein komme, welche bei der Einwirkung des Phosphors auf feuchte Luft oder bei der Wasserelek-

trolyse auftritt, so unterwarf ich mein lufttrocknes mangansulphathaltiges Papier dem Einfluß des elektrischen Büschels innerhalb feuchten Sauerstoffs oder der atmosphärischen Luft, erwartend, daß dasselbe hierbei gerade so sich verändern werde, wie dies in einer Atmosphäre chemischen oder Volta'schen Ozons geschieht. Dies war nun auch der Fall; denn es bräunte sich unter den erwähnten Umständen der Papierstreifen haarscharf in derselben Weise, wie in chemischem oder Voltaschem Ozon. Da aber auf diesem Wege nur äußerst kleine Mengen Ozons erzeugt werden, so bedarf es auch natürlich einer längeren Einwirkung des elektrischen Büschels oder vielmehr der durch ihn erzeugten Ozonatmosphäre, um im Probepapier eine merkliche Bräunung zu verursachen. Ist jedoch der Büschel ziemlich kräftig, so wird die Färbung in gewöhnlicher Luft schon nach einem halbstündigen Elektrisiren oder noch früher deutlich sichtbar. Für diejenigen, welche den Versuch wiederholen wollen, bemerke ich, daß ich das Probepapier einige Linien von der Ausströmungsspitze entfernt halte, und jenes während des Elektrisirens mit der Erde in leitende Verbindung setze.

Da bei der elektrischen Einwirkung auf die atmosphärische Luft bekanntlich immer auch Spuren von Salpetersäure entstehen, so hat man die Bläuung des Jodkaliumkleisters in dem elektrischen Büschel dieser Säure zugeschrieben, obgleich nach meinen Beobachtungen selbst die stärksten Dämpfe völlig reiner Salpetersäure etwas dünnen Jodkaliumkleister keineswegs plötzlich bläuen, falls das Jodkalium rein ist. Wiederholte Versuche haben ferner dargethan, daß eine solche Bläuung erfolgt, wenn der Kleister der Einwirkung des elektrischen Büschels, welcher in reinem Sauerstoff, anstatt in atmosphärischer Luft spielt, ausgesetzt wird; in diesem Falle kann offenbar die Färbung nicht von Salpetersäure herrühren, und abgesehen von allen anderen Gründen, wird aus dieser Thatsache allein es höchst wahrscheinlich, daß unter elektrischem Einfluß in der Luft dieselbe riechende und oxydirende Materie

erzeugt werde, welche unter den gleichen Umständen im reinen Sauerstoff zum Vorschein kommt. Möglicherweise könnte sich jedoch in der Luft salpetrige Säure bilden, und da bekanntlich dieselbe feuchten Jodkaliumkleister augenblicklich wie das chemische oder Volta'sche Ozon bläut, so liefse sich immer noch sagen, daß die Ursache der Bläuung vielleicht doch die genannte Säure sey. Ich habe zwar früher schon die Thatsache ermittelt, daß Bleioxydhydrat, lange genug der Einwirkung des in atmosphärischer Luft spielenden Büschels ausgesetzt, gerade so in Bleisuperoxyd verwandelt wird, wie dieß in chemischem und Volta'schem Ozon geschieht. Diese Wirkung kann nun unmöglich von Salpetersäure, noch weniger aber von Untersalpetersäure herrühren, da letztere mit Bleisuperoxyd Bleinitrat bildet, und ich habe deshalb den Schlufs gezogen, daß die Umwandlung des Bleioxyds in Superoxyd, welche unter den vorhin erwähnten Umständen stattfindet, dem elektrischen Ozon beigemessen werden mußte. Mit Hülfe meines Probepapiers läßt sich der gleiche Beweis, und, nach meinem Dafürhalten, in bündigster Weise führen. Weder Salpetersäure noch salpetrige Säure, noch irgend eine andere Oxydationsstufe des Stickstoffs, zeigt irgend eine Reaction auf Mangansulphat; am allerwenigsten aber vermögen diese Verbindungen aus dem genannten Salze Mangansuperoxyd abzuscheiden. Wenn nun aber den erwähnten Versuchen zufolge mein Probepapier in der Atmosphäre des elektrischen Büschels, spiele dieser in Sauerstoff oder atmosphärischer Luft, gerade so verändert wird, wie in chemischem oder Volta'schem Ozon, so kann wohl kaum länger ein Zweifel darüber walten, daß beim Elektrisiren der atmosphärischen Luft dasselbe riechende und oxydirende Princip erzeugt werde, welches sich bildet beim Einwirken des Phosphors auf feuchte Luft, bei der Elektrolyse des Wassers und beim Elektrisiren des feuchten Sauerstoffs, sey derselbe auf diese oder jene Weise, aus dieser oder jener Substanz bereitet worden. Ich halte es deshalb für eine nun gänzlich außer Zweifel stehende Thatsache, daß

jede in der Atmosphäre stattfindende elektrische Entladung oder Ausgleichung eine Ozonbildung zur nothwendigen Folge hat; und dafs die Anwesenheit einer so eminent oxydierenden Materie in der atmosphärischen Luft nicht ohne einen merklichen Einfluß auf eine Reihe chemischer und physiologischer Phänomene seyn könne, ist eine sich von selbst verstehende Sache.

4) Vermischt man Chlorwasser mit der Lösung eines der genannten Mangansalze, so wirken diese Flüssigkeiten im Dunkeln nur schwach auf einander ein. Kaum hat man aber das Gemisch in die Sonne gestellt, so wird es trüb und scheidet sich Mangansuperoxyd ab. Bei Anwendung einer hinreichenden Menge Chlorwassers und tagelanger Einwirkung des Sonnenlichts wird aus der Lösung alles Mangan in Form von Superoxyd gefällt.

5) Bromwasser mit der Lösung eines Mangansalzes vermischt, veranlaßt zwar in der Dunkelheit schon die Bildung von Mangansuperoxyd, es findet jedoch unter diesen Umständen besagte Reaction ebenfalls langsam, obwohl ein wenig rascher, als bei Anwendung von Chlor, statt; sie wird aber durch Sonnenlicht sehr wesentlich beschleunigt. Hängt man in Chlor- oder Bromatmosphären lufttrockne, mit Mangansulphat präparirte Streifen auf, so vergehen Stunden im Dunkeln oder auch im zerstreuten Licht, bevor man am Papier Spuren ausgeschiedenen Mangansuperoxyds bemerkt; im unmittelbaren Sonnenlicht findet die Reaction etwas rascher, im Ganzen aber doch langsam statt.

Aus voranstehenden Angaben erhellt, dafs Ozon, Chlor und Brom es vermögen, das Mangansulphat, Mangannitrat und Manganchlorid zu zerlegen, aus diesen Salzen Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure frei zu machen und das Mangan in Form von Superoxyd zu fällen. Auch ersieht man aus denselben, dafs zwischen Ozon, Chlor und Brom nur der Unterschied besteht, dafs ersteres ungleich energischer auf die Mangansalze wirkt, als dieß die beiden letztgenannten Körper thun; in sofern das Ozon jene Salze in der Dunkelheit gerade so leicht als im Lichte zer-

setzt, während dagegen Chlor und Brom der Besonnung bedürfen, um etwas kräftig und dem Ozon ähnlich zu reagiren.

Die beschriebenen Thatsachen liefern überdies auffallende Beispiele einer Verkehrung gewöhnlicher Affinitätsverhältnisse. Schwefelsäure oder Salpetersäure erzeugt mit Mangansuperoxyd ein Mangansulphat oder Nitrat unter Ausscheidung von Sauerstoff, und aus einer Lösung dieser Salze fällt der Sauerstoff des Ozons Mangansuperoxyd unter Freimachung von Schwefelsäure oder Salpetersäure. Beim Zusammentreffen des Chlorwasserstoffs mit Mangansuperoxyd bildet sich Chlormangan unter Ausscheidung von Chlor, und bei Behandlung dieses Salzes mit Chlor entsteht (unter Lichteinfluss) Chlorwasserstoff und Mangansuperoxyd etc.

Auf eine ähnliche Verkehrung gewöhnlicher Verwandtschaftsverhältnisse habe ich vor einiger Zeit in Bezug auf Salpetersäure und Chlor- oder Bromwasserstoff aufmerksam gemacht. Lässt man die eine oder die andere der letzt erwähnten Säuren in Gasform zu möglichst concentrirter Salpetersäure treten, so setzen sich diese Verbindungen schon bei Null, ja bei noch tieferer Temperatur augenblicklich in Untersalpetersäure, Chlor oder Brom und Wasser um, während dagegen Untersalpetersäure und Chlor oder Brom, mit viel Wasser in Berührung gesetzt, sofort in Salpetersäure und Chlor- oder Bromwasserstoff übergehen. Ob die eine oder die andere dieser einander entgegengesetzten Reactionen stattfindet, hängt in den letzt besprochenen Fällen vor allem von der Menge des vorhandenen Wassers ab. Es übt aber auch in zweiter Linie die obwaltende Temperatur einen Einfluss aus; denn es können z. B. Salpetersäure und Salzsäure von gewisser Stärke bei Null unzersetzt zusammen bestehen, bei einer höheren Temperatur aber in bekannter Weise sich zerlegen. Von dem gedoppelten Einflusse des Wassers und der Temperatur, zu welchem bei Chlor und Brom auch noch derjenige des Lichts sich gesellt, dürften vielleicht auch, theilweise wenigstens, die Reactionen bedingt werden, welche Gegenstand dieser

Abhandlung sind. Beim Ozon freilich, das selbst die festen Mangansalze zu zerlegen vermag, scheint das Wasser eine sehr untergeordnete Rolle zu spielen.

6) Schon vor Jahren ermittelte ich die Thatsache, dafs Bleioxydhydrat durch chemisches, Volta'sches und elektrisches Ozon in Bleisuperoxyd übergeführt wird; ich hielt es deshalb für wahrscheinlich, dafs gelöste basische Bleisalze, wie z. B. der sogenannte Bleiessig, mit Ozon behandelt, sich zersetzen, das überschüssige Bleioxyd hiebei ebenfalls in Superoxyd und das basische Salz in ein neutrales verwandelt würden. Der Versuch hat mich von der Richtigkeit dieser Vermuthung überzeugt. Leitet man durch Bleiessig einen Strom stark ozonisirter und kohlenstofffreier Luft, so fällt erst eine röthlichgelbe Materie (Mennige) nieder, und läßt man das Durchströmen solcher Luft lange genug andauern, so wird diese Materie gänzlich in braunes Bleisuperoxyd und das basische Salz in ein neutrales verwandelt. Rascher wird dieses Ergebnifs erzielt, wenn man eine kleine Menge Bleiessigs mit dem stark (durch Phosphor) ozonisirten Luftgehalt einer Anzahl grofser Ballone schüttelt, nachdem diese durch Wasser von Säure vollkommen gereinigt worden. Da aber eine solche Luft etwas Kohlensäure enthält, so findet sich das erhaltene Bleisuperoxyd mit Bleicarbonat verunreinigt, welches jedoch leicht durch verdünnte Salpetersäure entfernt werden kann. Um die beschriebene Reaction in einfachster Form zu erhalten, braucht man blofs Papierstreifen mit Bleiessig zu tränken und in einer kräftig ozonisirten Luft aufzuhängen. Unter diesen Umständen färben sich dieselben ziemlich rasch röthlichgelb, und gehen nach und nach in Braun über.

Dafs Volta'sches und elektrisches Ozon wie chemisches auf Bleiessig einwirken, brauche ich wohl nicht ausdrücklich zu bemerken.

7) Giefst man in Bleiessig Chlorwasser, so fällt anfänglich eine weifse Substanz (Chlorblei) nieder, welche aber beim Zufügen einer weiteren hinreichenden Menge Chlor-

wassers wieder verschwindet. Aus diesem zuerst klaren Gemisch scheidet sich aber bald Bleisuperoxyd aus, und es bleibt in der Flüssigkeit neutrales essigsaures Bleioxyd und Chlorblei gelöst. Bromwasser wirkt auf eine dem Chlor analoge Weise auf den Bleiessig ein.

Aus den eben erwähnten Thatsachen ergibt sich, daß auch in Bezug auf die Lösungen basischer Bleisalze zwischen der Wirkungsweise des Ozons, Chlors und Broms eine auffallende Aehnlichkeit besteht.

VII. *Ueber eine eigenthümliche sympathetische Dinte, und die Anwendung des mangansuperoxydhaltigen Papiers als Reagens für schweflichte und salpetrige Säure; von C. F. Schoenbein.*

In der voranstehenden Mittheilung ist gezeigt worden, daß das Ozon aus gelösten Manganoxydulsalzen Mangansuperoxyd abscheidet; es können daher besagte Lösungen als sogenannte sympathetische Dinten dienen. Beschreibt man zu diesem Behufe gewöhnliches Papier mit der wässrigen Lösung von schwefelsaurem Manganoxydul, und hängt man jenes nach dem Trocknen in einer Flasche auf, deren Luftgehalt durch Phosphor stark ozonisirt worden, so erscheint in kurzer Zeit die Schrift, anfänglich eine helle bräunlich-rothgelbe Färbung zeigend, im Laufe einiger Stunden aber dunkel werdend. Für diesen Zweck ist es passend (zum Behufe der fortdauernden Erzeugung des Ozons) ein Stückchen Phosphor in der Flasche zu lassen ¹⁾.

Da bekanntlich gasförmige schweflichte Säure mit Mangansuperoxyd rasch zu farblosem Mangansulphat sich vereinigt, so verschwindet sofort die in erwähnter Weise her-

- 1) Ich habe mir die Mühe gegeben, die Mangansulphatschrift sichtbar zu machen, sowohl durch den elektrischen Büschel, als durch den ozonhaltigen, auf elektrolytischem Wege erhaltenen Sauerstoff.

vorgebrachte Schrift wieder, wenn dieselbe der Einwirkung von Luft ausgesetzt wird, in der ein Schwefelholz abgebrannt worden. Versteht sich von selbst, daß die so zerstörte Schrift abermals zum Vorschein kommt, wenn das Papier wieder in eine ozonhaltige Flasche gesteckt wird. Es sind dies, denke ich, artige Collegienversuche, geeignet, sowohl die Einwirkung des Ozons auf Manganoxydulsalze, als auch diejenige der schweflichten Säure auf Mangansuperoxyd in anschaulicher und vergnüglicher Weise zu zeigen.

Daß man mit Hülfe von Mangansalzlösungen und Ozon auch alle Arten von Zeugen vom lichtesten bis zum dunkelsten Braun färben und durch schweflichte Säure theilweise oder ganz wieder bleichen kann, ist ein Umstand, welcher vielleicht die Beachtung der Techniker verdienen dürfte; denn leicht sieht man ein, daß bei passender Behandlung sich mit Leichtigkeit weiße Zeichnungen auf braunem und braune Zeichnungen auf weißem Grunde hervorbringen lassen. Es erhellt ferner, daß weißes Filtrirpapier durch Mangansuperoxydhydrat gebräunt, auch als ziemlich empfindliches Reagens für schweflichte Säure benutzt werden kann. Ich bereite mir derartiges Reagenspapier in folgender Weise. Schmale Streifen möglichst weißen ungeleimten Druckpapiers werden mit einer verdünnten Lösung Mangansulphats getränkt und nach dem Trocknen in einer Ozonatmosphäre so lange aufgehangen, bis sie merklich gebräunt erscheinen, was bei Anwendung stark ozonisirter Luft in wenigen Minuten geschieht. Ist die Bräunung nicht stärker als eben zu deren deutlicher Wahrnehmung nöthig, so wird so beschaffenes Papier in Luft, die nur Spuren schweflichter Säure enthält, sehr rasch wieder völlig weiß.

Bekanntlich vereinigt sich dampfförmige Untersalpetersäure sehr leicht mit Mangansuperoxyd zu farblosem Mangannitrat, weshalb unser Probepapier, in Luft gehalten, welche auch nur geringe Mengen dieses Säuredampfes enthält, beinahe augenblicklich entfärbt wird. Eine solche Entfärbung findet auch statt, obwohl etwas langsamer, in Stickoxydgas, mit welchem letzteren, andererseits von mir ge-

machten Angaben zufolge, das Mangansuperoxyd zu Mangannitrit sich vereinigt.

VIII. *Ueber eine eigenthümliche Bildungsweise der Uebermangansäure; von C. F. Schoenbein.*

Uebermangansäure nicht für eine eigenthümliche Oxydationsstufe des Mangans, sondern für eine lockere chemische Verbindung der Superoxyde des Mangans und Wasserstoffs ($=2\text{MnO}_2 + 3\text{HO}_2$), und Ozon für ein Wasserstoffsuperoxyd haltend, habe ich mich bemüht jene Säure mit Hülfe des Ozons und Mangansuperoxyds zu erzeugen. In wie weit mir dies gelungen sey, wird aus folgenden Angaben erhellen.

1) Bedeckt man den Boden einer mit atmosphärischer Luft gefüllten Flasche mit einer etwas verdünnten Lösung schwefelsauren, salpetersauren oder salzsauren Manganoxyduls, und legt man in diese Flüssigkeit ein Stück Phosphor von reiner Oberfläche in der Weise, daß dasselbe zur Hälfte in die Luft ragt, so beginnt bei 15° bis 20° die Ozonbildung, und nimmt die Salzlösung im Laufe weniger Stunden eine prachtvolle colombinrothe Färbung an.

2) Löst man in etwas verdünnter Phosphorsäure oder sogenannter phosphatischer Säure eins oder das andere der vorhin erwähnten Mangansalze auf, und schüttelt man eine solche Lösung mit atmosphärischer Luft, die durch Phosphor stark ozonisirt worden, so verschwindet das Ozon, und färbt sich die Flüssigkeit um so tiefer roth, je mehr sie Ozon aufnimmt.

3) Die auf besagte zwei Weisen erhaltene rothe Flüssigkeit wird durch alle die Mittel entfärbt, welche die reine wässrige Uebermangansäure zerstören, und hievon macht selbst die Kohle keine Ausnahme. In der Dunkelheit verliert die Flüssigkeit ihre Farbe langsam, rascher in der ge-

wöhnlichen Tageshelle und noch schneller in dem Sonnenlicht. Auch durch Erhitzung wird die gleiche Veränderung bewerkstelligt. Ist die Flüssigkeit so oder anders farblos gemacht worden, so giebt man ihr durch Schütteln mit ozonisirter Luft die rothe Färbung wieder. Beifügen will ich noch, daß man durch Vermischen wässriger Uebermangansäure mit Phosphorsäure oder phosphatischer Säure eine Flüssigkeit erhält, in allen ihren Eigenschaften derjenigen ähnlich, deren unter §§. 1. 2. Erwähnung geschehen.

Aus diesen Thatsachen darf daher wohl geschlossen werden, daß die rothe Färbung besagter Flüssigkeit von Uebermangansäure herrührt, mit anderen Worten, daß bei Anwesenheit von Phosphorsäure das Ozon mit einem Manganoxydulsalz Uebermangansäure bildet. Diese sonderbare Reaction wird zum Theil aus der oben angeführten Thatsache erklärlich, daß Ozon aus einer Mangansalzlösung Mangansuperoxyd abscheidet. Die Uebermangansäure dürfte nun dadurch gebildet werden, daß im Augenblick der Abtrennung besagten Superoxyds mit diesem letzteren noch weiteres Ozon sich verbindet. Warum aber im vorliegenden Falle die Anwesenheit der Phosphorsäure eine wesentliche Bedingung für die Bildung der Uebermangansäure ist, vermag ich nicht zu sagen. Vielleicht hat dieß seinen Grund darin, daß beide Säuren zu einander eine gewisse chemische Verwandtschaft haben, und eine Verbindung bilden, in welcher das Wasserstoffsuperoxyd inniger an dasjenige des Mangans gebunden ist, als in der wässrigen isolirten Uebermangansäure ¹⁾).

Wie es sich aber auch hiemit verhalten mag, jedenfalls ist es eine eben so auffallende als merkwürdige Thatsache, daß in einer Manganoxydulsalzlösung, mit Luft und Phos-

1) Diejenigen, welche die Existenz von Manganoxysalzen annehmen, werden vielleicht die rothe Färbung der fraglichen Flüssigkeit der Anwesenheit eines solchen Salzes zuschreiben. Ich halte dafür, daß es keine solche Salze giebt, und bin mit Turner und anderen Chemikern der Meinung, daß die rothen Lösungen der sogenannten Manganoxysalze als Gemische von Oxydulsalzen und Uebermangansäure anzusehen seyen.

phor in Berührung stehend, Uebermangansäure sich erzeugt, also die Bildung einer eminent oxydirenden Verbindung bestimmt wird durch die Anwesenheit eines der oxydirbarsten Stoffe, welche wir kennen. Eine solche Reaction müßte völlig unbegreiflich erscheinen, wüßten wir nicht, daß der Phosphor unter gegebenen Umständen die Bildung des Ozons verursacht, einer Materie, deren Oxydationsvermögen dasjenige aller übrigen oxydirenden Agentien übertrifft. Freilich ist eben diese erste Fundamentalthatssache noch durchaus geheimnißvoll, trotz aller Erklärungen, die man über dieselbe zu geben versucht hat.

4) Da das Ozon in so vielen Beziehungen das Chlor nachahmt, so steht zu vermuthen, daß umgekehrt auch letzteres unter gegebenen Umständen Uebermangansäure zu erzeugen im Stande sey. Bringt man in der Kälte Salzsäure mit Mangansuperoxydhydrat zusammen, so erhält man bekanntlich eine braune Flüssigkeit (sogenanntes salzsaures Manganoxyd), die als eine lockere Verbindung des Manganchlorids mit Chlor angesehen werden kann. Gießt man nun in diese Lösung selbst sehr verdünnte Phosphorsäure oder phosphatische Säure, so entsteht eine rothe Flüssigkeit gleich derjenigen, die man erhält, wenn salzsaures gelöstes und phosphorsäurehaltiges Manganoxydul mit Ozon geschüttelt wird.

Ein Gemisch von Chlorwasser und der Lösung eines Manganoxydulsalzes in verdünnter phosphatischer Säure bleibt in der Dunkelheit farblos; wird aber dasselbe der Einwirkung des Sonnenlichts ausgesetzt, so erscheint es in kurzer Zeit lichtroth gefärbt. Eine tiefrothe Flüssigkeit läßt sich aber auf diese Weise nicht erhalten, was sich leicht aus dem Umstande begreift, daß das Sonnenlicht ziemlich stark entfärbend auf ein Gemisch von Phosphorsäure und Uebermangansäure einwirkt. Es wird daher die unter dem Einflusse des Lichts von Chlor erzeugte Uebermangansäure durch Besonnung beinahe wieder eben so schnell zerstört als gebildet.

Ein Gemisch von Bromwasser, Phosphorsäure und einer

Manganoxydulsalzlösung liefert im Sonnenlicht ziemlich rasch eine rothgefärbte Flüssigkeit.

5) Fügt man zur Lösung eines Manganoxydulsalzes in verdünnter Phosphorsäure oder phosphatischer Säure geschlemmtes Bleisuperoxyd, so entsteht sofort beim Schütteln eine colombinrothe Flüssigkeit, in ihren Eigenschaften übereinstimmend mit derjenigen, welche unter denselben Umständen mit Hülfe des Ozons erhalten wird.

Dafs auch die in den voranstehenden Paragraphen gemachten Angaben zwischen Ozon, Chlor, Brom und Bleisuperoxyd eine schlagende Analogie begründen, sieht man ohne Mühe.

IX. *Neuere Versuche über die Anwesenheit des Ozons in der atmosphärischen Luft;*
von C. F. Schoenbein.

Da erfahrungsgemäfs immer Ozon sich erzeugt, wenn Sauerstoff oder atmosphärische Luft elektrisirt wird, und es eben so gewifs ist, dafs in unserer Atmosphäre unaufhörlich elektrische Entladungen stattfinden, so müssen in derselben auch fortwährend Spuren von Ozon vorhanden seyn. Und dafs dem wirklich so sey, suchte ich schon vor Jahren durch die Thatsache zu beweisen, dafs Stärkekleister, vermischt mit Jodkalium, welches völlig frei von jodsaurem Kali oder Kaliumsuperoxyd ist, in freier Luft sich bläut, während der gleiche Kleister in eingeschlossener feuchter Luft, sollte sie auch stark kohlensäurehaltig seyn, vollkommen farblos bleibt. Der Kohlensäure und dem Sauerstoff darf deshalb die Zersetzung nicht zugeschrieben werden, welche das Jodkalium in freier Luft erleidet.

Da die in der atmosphärischen Luft stattfindenden elektrischen Ausgleichungen bald stärker, bald schwächer sind, so mufs auch der Ozongehalt der Atmosphäre zu verschie-

denen Zeiten verschieden stark seyn, muß also Jodkaliumkleister, der Einwirkung frei circulirender Luft ausgesetzt, in gleichgroßen, aber verschiedenen Zeiten ungleich stark sich bläuen. Seit vielen Monaten beobachte ich täglich die Einwirkung der freien Luft auf Jodkaliumkleister, und während dieses beträchtlichen Zeitraums habe ich mich auf das Genügendste überzeugt, daß diese Einwirkung zu verschiedenen Zeiten auffallend verschieden stark ist. Der Ort meiner Beobachtungen ist der Hofraum des hiesigen Museums, in welchem die Luft so ziemlich frei sich bewegen kann. Der Kleister wird auf Streifen weißen Filtrirpapiers gestrichen und an Stellen aufgehangen, zu welchen die Luft ungehinderten Zutritt hat. Manchmal erscheint ein solcher Streifen nach mehrstündiger Aussetzung schon so stark gebläut, als er es zu anderen Zeiten unter sonst möglich gleichen örtlichen Umständen in eben so viel Tagen nicht wird, und ich habe zu wiederholtenmalen beobachtet, daß bei Schneefällen oder an regnichten gewitterhaften Tagen die Bläuerung am raschesten stattfindet.

Seit ich das merkwürdige Verhalten des Ozons zu den Manganoxydulsalzen kenne, habe ich vielfältige Beobachtungen mit Papierstreifen angestellt, die mit gelöstem Mangansulphat getränkt worden waren. Als Ergebniss derselben hat sich herausgestellt, daß solche Streifen, eingeschlossen in mit gewöhnlicher Luft gefüllten Flaschen, weiß bleiben, ob man die letzteren im Dunkeln halte oder in das Sonnenlicht stelle, ob die eingeschlossene Luft trocken oder feucht sey. Eben so verhält es sich mit Streifen, die in wohl verschlossenen Zimmern aufgehangen werden. Streifen aber, frei strömender Luft ausgesetzt, bräunen sich nach und nach ganz so, wie in künstlich ozonisirter Luft, nur natürlich viel langsamer. Ich besitze Streifen, die nach acht-tägiger Aussetzung schon merklich stark gebräunt erscheinen.

Schneidet man durch einen Stöpsel die eine Hälfte eines mangansulphathaltigen Papierstreifens in eine mit gewöhnlicher Luft gefüllte Flasche ein, und läßt man die andere Hälfte herausragen, das Ganze frei circulirender Luft aussetzend, so wird die

erstere Hälfte völlig weifs bleiben, die letztere aber nach und nach sich bräunen, gerade so, wie unter den gleichen Umständen der eingeschlossene Theil eines mit Jodkaliumkleister behafteten Streifens in seinem farblosen Zustand verharret, während der in die freie Luft ragende Theil sich bläut. Hängt man das mangansulphathaltige Papier so auf, dafs die eine Seite desselben vom Winde mehr getroffen wird, als die andere, so bemerkt man an jener auch eine stärkere Bräunung als an dieser. Ganz so verhalten sich auch die mit Jodkaliumkleister behafteten Streifen, und beifügen will ich noch, dafs das mit Mangansulphat präparirte Papier in eben demselben Verhältnifs rasch sich bräunt, in welchem der Kleister sich bläut. Kaum wird es aber nöthig seyn, ausdrücklich zu erwähnen, dafs an letzterem unter sonst gleichen Umständen die Bläuung viel früher wahrgenommen wird, als die Bräunung am ersteren. Dafs das in freier Luft gebräunte Mangansulphatpapier durch schweflichte Säure gerade so entfärbt wird, wie solches, das durch chemisches, Volta'sches und elektrisches Ozon gebräunt worden, ist ebenfalls eine von selbst verstandene Sache.

Da nun weder reiner Sauerstoff, nach dessen Gemeng mit Stickstoff und Kohlensäure Jod aus dem Jodkalium, oder Mangansuperoxyd aus dem Mangansulphat u. s. w. abscheiden kann, diefs aber wohl das chemische, Volta'sche und elektrische Ozon zu thun vermögen, so schreibe ich auch die in freier Luft vor sich gehende Bräunung des mit Mangansulphat behafteten Papiers, wie die Bläuung des feuchten Jodkaliumkleisters der Anwesenheit des Ozons in der Atmosphäre zu, welches Ozon in Folge der in ihr stattfindenden elektrischen Ausgleichungen gebildet wird. Bei der ununterbrochenen Fortdauer dieser elektrischen Vorgänge müßten im Laufe einer langen Zeit merkliche Mengen Ozons in der Luft sich anhäufen, würde dasselbe nicht fortwährend entfernt durch die grossen Massen oxydirbarer, die Erdoberfläche bedeckender Substanzen, zu denen vor allen die organischen Materien gehören, welche nach meinen Versuchen das Ozon rasch zerstören.

Zum

Zum Schlusse sey es mir gestattet noch eine Bemerkung beizufügen, welche vielleicht einiges Interesse für Aerzte und Physiologen haben dürfte. Nach meinen an mir selbst gemachten und in neuester Zeit wiederholten Versuchen verursacht das Einathmen ozonisirter Luft katarrhalische Affectionen, ähnlich denen, die durch das Chlor oder Brom veranlaßt werden. Diese Thatsache liefs mich schon lange vermuthen, daß das Einathmen großer Mengen freier atmosphärischer Luft, die den Jodkaliumkleister merklich stark bläut, Schnupfen, Katarrhe und dergleichen nach sich ziehen könnte. Im Laufe des verflossenen Winters und heurigen Frühjahres stellten mein Freund, Hr. Prof. Jung, und ich Vergleichen an zwischen dem Auftreten katarrhalischer Erscheinungen und der Bläuung des Jodkaliumkleisters durch freie Luft. Hr. Jung zeichnete die Tage auf, welche sich durch die Häufigkeit katarrhalischer Erkrankungen auszeichneten, und ich diejenigen, an welchen meine Papierstreifen rasch gebläut wurden. Bei der Vergleichung unserer Beobachtungen konnten wir nicht umhin, ein auffallendes Zusammentreffen beider Erscheinungsreihen zu bemerken: Meinen stark bläuenden Tagen folgten auffallende Schnupfen- und Katarrhtage. Wünschenswerth wäre es, wenn auch anderwärts ähnliche Beobachtungen und Vergleichen angestellt würden; denn nur auf diesem Wege vermögen wir zur völligen Gewißheit zu gelangen, ob bei den erwähnten Erscheinungen die gleiche Ursache zu Grunde liege.

Basel, im Junius 1847.

X. *Das Ozon als Reagens für Mangan;*
von C. F. Schoenbein.

Ich habe neulich in diesen Annalen gezeigt, daß die Manganoxydulsalze, seyen sie in Wasser gelöst oder befinden sie sich im festen Zustande, schon bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich rasch zersetzt werden, indem deren Basis in Form von Mangansuperoxydhydrat sich ausscheidet und gleichzeitig natürlich auch die Säure in Freiheit gesetzt wird. Wie nun dieses merkwürdige Verhalten dazu benutzt werden kann, die Anwesenheit kleiner Mengen Ozons in Sauerstoffgas, atmosphärischer Luft u. s. w. mit Leichtigkeit zu ermitteln, dadurch, daß man mangansulfathaltige Papierstreifen in das zu prüfende Gas hängt, und aus der eintretenden Bräunung derselben auf das Vorhandenseyn des Ozons schließt, so kann natürlich auch umgekehrt letzteres als Reagens für Manganoxydulsalze dienen. — So weit meine Versuche gehen, giebt es außer dem basisch essigsauren Blei keine anderen Salze, aus welchen das Ozon ein Superoxyd abzuscheiden vermöchte, und ich habe mich überzeugt, daß jenes so kräftig oxydirende Agens namentlich nicht auf die Kobalt- und Nickelsalze irgendwie einwirkt. Will man nun sehen, ob eine Salzlösung ^{manganhaltig} ozonhaltig sey, so tränkt man mit ihr einen Streifen Filtrirpapiers und hängt diesen noch feucht oder trocken in stark ozonisirter Luft auf. Je nach der Reichhaltigkeit der Lösung an Mangan wird unter den angegebenen Umständen besagter Streifen rascher oder langsamer, und mehr oder weniger stark sich bräunen, und diese Bräunung durch gasförmige schweflichte Säure sich augenblicklich zerstören lassen. Von der Empfindlichkeit des Reagens mögen folgende Angaben einen Begriff gewähren. 200 Theile Zinkvitriol mit einem Theil krystallisirten ^{Mangansulfat} Zinksulfats wurden in 2000 Theilen Wassers gelöst und damit Papierstreifen getränkt. Führt man letztere im nassen Zustand in ozonisirte Luft ein, so bemerkte

man an ihnen nach zwölf Minuten eine deutliche Bräunung, und an trocknen Streifen schon nach fünf Minuten. Enthielt die Lösung auf 1000 Theile Zinkvitriols einen Theil Mangansulfats, und waren beide Salze in 10000 Th. Wassers gelöst, so wurde die Anwesenheit des letzteren noch deutlich durch Bräunung des Papiers angezeigt, nur mußte dasselbe in diesem Falle etwas länger in der Ozonatmosphäre verweilen. Es ist eine selbst verstandene Sache, daß die zu prüfende Flüssigkeit in etwas concentrirtem Zustande angewendet werden muß, da bei zu großer Verdünnung derselben leicht zu wenig Mangansalz vorhanden seyn könnte, als daß der getränkte Papierstreifen noch merklich gebräunt würde.

Da, wie schon bemerkt, das Ozon aus keinem Salze, den Bleiessig ausgenommen, ein Superoxyd ausscheidet, und namentlich auf die Nickel- und Kobaltsalze wirkungslos ist, so könnte dasselbe vielleicht in manchen Fällen zu dem analytischen Zwecke angewendet werden, das Mangan in Form von Superoxydhydrat von anderen basischen Metalloxyden, insbesondere aber von denen des Nickels und Kobalts zu trennen; obwohl nicht in Abrede zu stellen ist, daß ein solches Verfahren etwas langwierig wäre. Man müßte zu diesem Behufe eine manganhaltige Lösung so lange mit stark ozonisirter Luft schütteln, bis sich kein Superoxyd aus der Flüssigkeit mehr abscheide. Ich habe neuerlich in diesen Annalen auch der Thatsache erwähnt, daß Lösungen von Manganoxydulsalzen mit Chlorwasser vermischt und der Einwirkung des Sonnenlichts ausgesetzt, unter Abscheidung von Mangansuperoxyd, ebenfalls ziemlich rasch zersetzt werden. Diese Wirkungsweise macht es möglich, mit Hülfe des Chlors das Mangan leicht von gewissen anderen Metallen, und namentlich auch vom Nickel und Kobalt zu trennen, in sofern nach meinen Erfahrungen die Salze der letztgenannten Basen vom Chlor auch unter Lichteinfluss nicht afficirt werden. Löst man 1000 Theile Zinkvitriols und einen Theil krystallisirten Mangansulfats in 10000 Theilen Wassers auf, und vermischt man diese Flüssigkeit

mit etwa ihrem Drittel Chlorwassers, so wird aus einem solchen Gemisch im Sonnenlicht bald die Ausscheidung des Mangansuperoxydhydrats beginnen und hiedurch die Flüssigkeit getrübt werden. Beifügen will ich noch, daß nach mehrtägiger Insolation kein Mangan mehr in der erwähnten Lösung nachgewiesen werden konnte. Es scheint demnach, als ob sich das Chlor zur Abtrennung des Mangans von manchen Metallen mit Bequemlichkeit benutzen lasse.

Basel, im September 1847.

XI. Ueber die Bläue des Eises in hohen Gebirgsregionen; von G. Osann

Einem Jeden, der die Alpen besucht hat, ist die schöne blaue Farbe, welche die Spalten der Glätscher zeigen, hinlänglich bekannt, eben so, daß unser gewöhnliches Flusseis nichts Aehnliches der Art zeigt. In Beziehung auf diese Farbe habe ich nun in der Mitte des Septembers dieses Jahres eine Beobachtung gemacht, welche mir ganz bemerkenswerth erscheint. — Ich befand mich um diese Zeit in Tyrol, und hatte das Glück bei einem ganz wolkenfreien Himmel das Wormser Joch zu besteigen. Es ist diefs die höchste jetzt fahrbare Strafe, 8900' über dem Meer. Ein Paar Tage vorher hatte es tüchtig geschneit, und der Schnee lag mehrere Fufs hoch auf dem Joch. Der Himmel über mir war mehr schwärzlich als dunkelblau. Ich machte mit meinem Stock, dessen unteres Ende ungefähr $\frac{3}{4}$ " Durchmesser hatte, ein horizontales Loch in den Schnee von beiläufig 2' Länge. Als ich in dasselbe sah, erschien der Hintergrund des Loches eben so blau gefärbt, wie die Spalten der Glätscher. Dieselbe Beobachtung machte mein Reisegefährte, ein Kaufmann aus Hamburg. — Hiernach sollte man meinen, daß die Beschaffenheit der Luft in diesen hohen Regionen Einfluß auf die Färbung dieses Eises habe.

Würzburg, den 8. Oct. 1847.

XII. *Bemerkungen über das specifische Gewicht des Samarskits (Uranotantals); von Heinr. Rose.*

Einige Zeit nachdem ich meine Bemerkungen über die Ilmensäure des Hrn. Hermann bekannt gemacht hatte ¹⁾, in welchen ich zeigte, daß dieselbe mit etwas Wolframsäure verunreinigte Niobsäure sey, erschien von demselben eine neue Abhandlung über das Ilmenium ²⁾, in welcher er mehrere Eigenschaften der wichtigsten Verbindungen des angeblich neuen Metalls beschreibt. Hr. Hermann konnte bei Bekanntmachung seiner Abhandlung noch nicht die meinige kennen. Da ich in derselben ausführlich darauf aufmerksam gemacht habe, daß die Unterschiede, welche zwischen der Niobsäure, und der Ilmensäure stattfinden, von einem kleinen Gehalte von Wolframsäure in letzterer herühren, so scheint es mir nicht nöthig noch einmal auf diesen Gegenstand zurückzukommen. In der That lassen sich alle Verschiedenheiten, die Hr. Hermann in seiner neuesten Abhandlung von der Ilmensäure, verglichen mit der Niobsäure, angiebt, höchst genügend erklären, wenn in letzterer eine geringe Menge von Wolframsäure angenommen wird. Hr. Hermann wird sich auch selbst von der Gegenwart derselben in der Ilmensäure überzeugen können, wenn er eine nicht zu geringe Menge der aus dem Yttrilmenit dargestellten Säure, auf die bekannte Weise mit Kohle gemengt, in einer Glasröhre von schwer schmelzbarem Glase, erst in einer Atmosphäre von Kohlensäure erhitzt, um die atmosphärische Luft aus dem Apparate zu vertreiben, und sodann in Chlorgas. Es wird sich dann ausser dem weißen Niobchlorid auch rothes Wolframchlorid bilden, das, weil es flüchtiger als ersteres ist, durch eine gelinde Hitze von demselben abgetrieben werden kann.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 71, S. 517.

2) Journ. für practische Chemie, Bd. 40, S. 457.

Hr. Hermann beschreibt das Chlorilmenium als schwefelgelbe Prismen. Aber die gelbe Farbe ist dem Chlorid des Niobs nicht eigenthümlich, wie dem Pelop- und Tantalchlorid, wohl aber kann es dieselbe erhalten, wenn es durch eine geringe Menge von rothem Wolframchlorid tingirt wird, das aber auf die beschriebene Weise von ihm verflüchtigt werden kann.

Hr. Hermann scheint den sogenannten Yttrilmenit für verschieden von dem Samarskit (Uranotantal) zu halten, und stützt sich auf eine briefliche Mittheilung, die er von mir über die Zusammensetzung des letzteren erhalten hat. Diese Mittheilung betraf die Untersuchungen, die Hr. Worum in meinem Laboratorium über das Mineral angestellt hatte. Ich hatte aber in dem Briefe bemerkt, daß diese Untersuchungen sich nicht zur öffentlichen Mittheilung eigneten, indem sie unter sich nicht gut übereinstimmten, da die richtige Methode der Trennung der verschiedenen Bestandtheile von einander, namentlich der Yttererde vom Uranoxyd, noch nicht aufgefunden worden war.

Da indessen Hr. Hermann einige kleine Stückchen seines Yttrilmenits an meinen Bruder gesandt hatte, so konnte man sich von der Identität des Yttrilmenits und des Samarskits vollkommen überzeugen.

Nur in einem Punkte weichen hinsichtlich dieses Minerals die Angaben des Hrn. Hermann wesentlich von den meinigen ab; es ist dieß in dem specifischen Gewichte. Aber diese Verschiedenheit der Angaben beruht auf einer sehr merkwürdigen Eigenschaft des Minerals, die besonders in physikalischer Hinsicht sehr hervorgehoben zu werden verdient.

Das specifische Gewicht bei den verschiedenen Stücken des Samarskits weicht etwas von einander ab, wie dieß auch bei den ihm ähnlichen Mineralien, Gadolinit, Tscheffkinit u. s. w., der Fall zu seyn scheint ¹⁾. Bei den Stücken, die nicht mit Columbi verwachsen waren, und wel-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 59, S. 481.

che eine Niobsäure lieferten, die keine Pelopsäure enthielt, war nach den Wägungen von meinem Bruder, von mir und von Hrn. Wornum das spec. Gewicht 5,625, 5,617 und 5,6142. Stücke, die mir später übersandt wurden, hatten, nach Hrn. v. Peretz, das spec. Gewicht 5,68, und bei einer vor Kurzem angestellten Wägung fand ich dasselbe sogar noch höher, nämlich 5,717.

Bei dem Gadolinit ist der Unterschied in dem spec. Gewicht noch gröfser; es schwankt bei dem von Ytterby zwischen 4,097 bis 4,226, als Resultat von mehr als 30 Versuchen. Ich habe ferner darauf aufmerksam gemacht, dafs verschiedene Bruchstücke des Gadolinites von einem und demselben gröfseren Stücke schon ein verschiedenes spec. Gewicht zeigen.

Ganz im Widerspruch mit den angeführten Angaben über das spec. Gewicht des Samarskits stehen die des Hrn. Hermann über das des Yttrilmenits. Nach ihm ist dasselbe bei drei verschiedenen Proben 5,398; 5,430 und 5,450. Der Unterschied seiner Angaben von den oben angeführten ist so bedeutend, dafs man ihn nicht von den Schwankungen herleiten kann, die zwischen dem spec. Gewichte der verschiedenen Stücke stattfinden mögen.

Der Samarskit zeigt beim Erhitzen eine auffallende Lichterscheinung, wie das der Gadolinit, der Orthit, der Tschefkinit und andere Mineralien zeigen. Alle diese Mineralien verlieren durch Erhitzen und nach der Erscheinung des Erglühens die Eigenschaft, durch Chlorwasserstoffsäure zersetzt werden zu können. — Auch der Samarskit ist im ungeglühten Zustand durch Chlorwasserstoffsäure, obgleich schwer, aufschliefsbar; aber auch er verliert diese Eigenschaft, nachdem er geglüht worden ist.

Das spec. Gewicht ist bei den Mineralien, welche beim Glühen eine Lichterscheinung zeigen, nach dem Glühen weit bedeutender, als im ungeglühten Zustand, wenn auch durch's Glühen kein Unterschied oder fast kein Unterschied hinsichtlich des absoluten Gewichts hervorgebracht wird. Scheerer zeigte dies beim Gadolinit, Orthit und Allanit von Nor-

wegen ¹⁾). Beim Gadolinit von Ytterby fand ich, daß während der Glühverlust nur zwischen 0,38 und 0,43 Procent beträgt, das spec. Gewicht des ungeglühten und des geglühten Minerals sich wie 4,097 zu 4,287 und wie 4,226 zu 4,456 verhält ²⁾). Beim Tscheffkinit ist das spec. Gewicht des ungeglühten Minerals zwischen 4,508 und 4,5296; das des geglühten hingegen 4,615, und wenn er geschmolzen ist, wodurch er krystallinisch wird, 4,717 ³⁾).

Bei dem Samarskit findet aber hinsichtlich des spec. Gewichts im ungeglühten und geglühten Zustande gerade das Umgekehrte statt. Er erhält nach dem Glühen, und nachdem die Lichterscheinung sich gezeigt hat, ein höheres spec. Gewicht als er zuvor hatte, ein Umstand, worauf ich schon vor längerer Zeit aufmerksam gemacht habe ⁴⁾).

Bei meinen früheren Versuchen erhielt ich folgende Resultate. Das angewandte Mineral im ungeglühten Zustande hatte das spec. Gewicht 5,617. Durch's Erhitzen decrepitiert es sehr heftig, so daß es nicht möglich war, mit Genauigkeit den Glühverlust zu bestimmen und zugleich die Lichterscheinung bemerken zu können. In zwei Versuchen betrug derselbe 0,44 und 1,02 Proc., aber diese Angabe ist gewiß ungenau, und man kann mit Bestimmtheit annehmen, daß derselbe bei weitem geringer ist. Das spec. Gewicht des geglühten Minerals im gepulverten Zustande fand ich in drei verschiedenen Versuchen 5,485; 5,407 und 5,3736.

Später habe ich diese Resultate bestätigt. Die angewandten Stücke des ungeglühten Minerals hatten das spec. Gewicht 5,715; nach dem Glühen und nachdem die Lichterscheinung sich gezeigt hatte, war das spec. Gewicht als Pulver 5,3735.

Durch das Glühen erleidet dieß Mineral keine Verän-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 51, S. 493.

2) Ebendasselbst, Bd. 59, S. 481.

3) Ebendasselbst, Bd. 62, S. 591.

4) Ebendasselbst, Bd. 52, S. 591.

derung in der Farbe, wenn es beim Ausschluss der Luft geschieht. Beim Zutritt der Luft werden die obersten Stücke während der Lichterscheinung etwas hellbräunlich.

Da Hr. Hermann die Meinung geäußert hat, daß das von mir untersuchte Mineral vielleicht ein anderes sey, als sein Yttrilmenit, so untersuchte ich das spec. Gewicht der kleinen Quantität des Yttrilmenits, welche er an meinen Bruder gesandt hatte. Das Gewicht der ausgesuchten Stücken betrug noch nicht 3 Grammen. Ich fand das spec. Gewicht im ungeglühten Zustand 5,703; das des geglühten und gepulverten Minerals aber 5,454.

Man sieht hieraus, daß die Angaben des Hrn. Hermann über das spec. Gewicht des Samarskits richtig sind, sich aber auf das Mineral im geglühten Zustand beziehen.

Es ist so wahrscheinlich anzunehmen, daß wenn ein Körper durch's Glühen in einen isomerischen Zustand übergeht, während er dabei eine Lichterscheinung zeigt, die Ursache der letzteren aus dem Unterschiede in der specifischen Wärme im ungeglühten und geglühten Zustand herühre. Es ist mir in der That geglückt, nach mehreren fruchtlosen Versuchen zu finden, daß die Lichterscheinung, welche der Gadolinit und das vermittelst Ammoniak gefällte Chromoxyd zeigen, mit einer plötzlichen Freiwerdung von Wärme begleitet ist ¹⁾. Es schien mir nun wichtig zu untersuchen, ob eine ähnliche plötzliche Wärmeentwicklung auch beim Erhitzen des Samarskits während der Lichterscheinung bemerkt werden kann, da bei diesem Minerale durch's Glühen keine Contraction, sondern eine Dilatation des Volumens stattfindet.

Ich wandte zu diesen Versuchen denselben Apparat an, den ich früher beim Gadolinit und beim Chromoxyd benutzt hatte. Ich glühte das Mineral in einer an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre von schwer schmelzbarem Glase, die mit einer langen, engen Thermometerröhre luftdicht in Verbindung gebracht worden war, welche am Ende gebogen, in eine Flüssigkeit tauchte. Während das Mineral in

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 59, S. 479.

der Glasröhre durch's Erhitzen zum gleichförmigen Glühen gebracht wurde entwich gleichmäfsig ein Theil der durch's Erhitzen ausgedehnten Luft durch die Flüssigkeit. So wie beim Gadolinit und beim Chromoxyd die Lichterscheinung sich zeigte, wurde die Luftentwicklung plötzlich bedeutend stärker; nach Beendigung der Lichterscheinung wurde sie so gleichförmig, wie vor derselben. Beim Samarskit konnte aber, als die Lichterscheinung erschien, keine bedeutendere Luftentwicklung wahrgenommen werden; sie blieb eben so gleichförmig, wie vor und nach derselben.

So wichtig mir das Resultat dieses Versuchs zu seyn scheint, so mufs ich doch bemerken, dafs ich denselben zwar mit aller Sorgfalt angestellt habe, indessen doch nur Quantitäten von 3 bis 4 Grammen dazu anwenden konnte. In den Versuchen mit Gadolinit und Chromoxyd habe ich wohl zehnfach gröfsere Mengen benutzen können. Es wäre daher wohl wünschenswerth, dafs Chemiker, die gröfsere Mengen des Minerals zu ihrer Verfügung haben, mit diesen den Versuch wiederholen möchten.

Wenn sich aber die beschriebenen Versuche bestätigen sollten, so scheint dadurch eine Vermuthung, welche ich vor längerer Zeit geäufsert habe ¹⁾, etwas an Wahrscheinlichkeit zu gewinnen. Wenn Körper aus einer Modification in eine andere isomere übergehen, und dadurch in ihren Eigenschaften sich mehr oder weniger wesentlich verändern, so kann dieser Uebergang entweder mit einer Wärmeentwicklung, oder mit einer Wärme- und Lichtentwicklung, oder nur mit einer Lichtentwicklung verbunden seyn, wenn es überhaupt streng erwiesen ist, dafs eine Lichtentwicklung ohne gleichzeitige Wärmeentwicklung stattfinden kann. In dem ersten Fall, und auch in dem zweiten Fall kann dabei eine Contraction, im dritten Fall eine Dilatation des Volumens stattfinden. Auch die Lichterscheinungen bei der Krystallisation gewisser Substanzen, wenn dieselben aus dem glasartigen in den krystallinischen Zustand übergehen, gehören zu dem dritten Fall; und nach den Un-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 52, S. 599.

tersuchungen von Guibourt zeigt die glasartige arsenichte Säure ein höheres spec. Gewicht als die porcellanartige oder krystallisirte. Wenn also glasartige arsenichte Säure aus ihrer Auflösung in Chlorwasserstoffsäure unter Lichterscheinung krystallisirt, wobei ich keine Wärmeentwicklung bemerken konnte, so scheint diese Erscheinung der Lichterscheinung beim Glühen des Samarskits analog zu seyn. — Die Lichterscheinung also, welche bei dem Uebergang einer Substanz in einen andern isomerischen Zustand wahrgenommen wird, kann gleichsam ein Aequivalent für die Wärmeentwicklung seyn, die bei ähnlichen Gelegenheiten sich zeigt, und während bei letzterer eine Contraction stattfindet, nimmt man bei ersterer eine Dilatation wahr.

Hr. Hermann hat die Ilmensäure, aufer in dem Yttrilmenit, auch in dem *Pyrochlor* von Miask gefunden. Ich habe zwar dieses Mineral nicht selbst untersucht, aber Hr. Wöhler, der dasselbe analysirt hat, schickte mir die aus demselben dargestellte Säure. Ich fand, dafs dieselbe vorzugsweise aus Niobsäure besteht, gemengt mit etwas Wolfram- und Pelopsäure, und einer nicht ganz unbeträchtlichen Menge von Titansäure.

XIII. *Analyse des Braunauer Meteoreisens;* *von A. Duflos und N. W. Fischer.*

1) Behandlung mit Salpetersäure.

5,16 Gramm von der Meteormasse, welche mittelst einer gehärteten Feile von der ganzen Masse abgefeilt worden waren, wurden in einer Kochflasche, welche mit einem Gasableitungsrohr versehen war, dessen äußerer Schenkel unter Wasser ausmündete, mit einem Ueberschuß reiner Salpetersäure bis zur vollständigen Auflösung behandelt, und die Flüssigkeit bei mäßiger Wärme bis zur Trockne verdunstet.

Das vorgeschlagene Wasser reagirte auf *Chlor*.

Der Rückstand im Kölbchen wurde mit Aetzammoniak wiederholt ausgekocht und filtrirt. Das bläulich gefärbte Filtrat wurde mit Salpetersäure angesäuert, darauf mit salpetersaurer Silber- und Barytauflösung geprüft.

Das erste Reagens gab *Chlor*, das zweite Schwefelsäure, und somit *Schwefel* zu erkennen.

Nachdem mit Chlorwasserstoffsäure das überschüssige Silber und mit verdünnter Schwefelsäure der überschüssige Baryt ausgefällt worden war, wurde das Filtrat von Neuem mit Aetzammoniak alkalisch gemacht und Schwefelwasserstoffgas dazu geleitet. Der entstandene schwarze Niederschlag wurde auf ein Filtrum gebracht, das Filtrat von Neuem mit Salpetersäure angesäuert, durch Verdunsten concentrirt, filtrirt und zuerst mit kaustischem, dann mit kleesaurem Ammoniak versetzt.

Es entstand eine weisse Trübung, welche durch Essigsäure nicht verschwand, daher Kalk und folglich *Calcium*. Die von kleesaurem Kalk abfiltrirte Flüssigkeit wurde mit phosphorsaurem Ammoniak versetzt.

Es entstand nach längerer Zeit ein krystallinischer Niederschlag, daher *Magnesia*, folglich *Magnesium*.

Der von Ammoniak nicht gelöste Antheil der zur Trockne verdunsteten salpetersauren Auflösung (Eisenoxyd) wurde mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, wodurch es bis auf einige unbedeutende weisse Flocken sich löste.

Dieser höchst unbedeutende Rückstand war Kieselsäure, folglich *Silicium*.

Die chlorwasserstoffsäure Lösung wurde mit kohlensaurem Baryt versetzt und kalt damit digerirt. Nach 24 Stunden wurde das abgeschiedene Eisenoxyd abfiltrirt, der Baryt im Filtrat mit Schwefelsäure ausgefällt abermals filtrirt, das Filtrat mit Aetzammoniak übersättigt und Schwefelwasserstoff eingeleitet. Es entstand ein schwarzer Niederschlag, welcher auf dasselbe Filter, worauf bereits der erste Niederschlag gesammelt worden war, gebracht und sorgfältig mit Schwefelwasserstoffwasser ausgesüßt wurde. Dieser

Niederschlag wurde in Salpetersäure gelöst und die Lösung mit Aetzkaliölösung versetzt.

Es entstand ein apfelgrüner Niederschlag. *Nickeloxydhydrat*, folglich *Nickel*.

Dieses Nickeloxydhydrat ausgetüfcht, getrocknet und geglüht, betrug, von den in Arbeit genommenen 5,16 Gramm, 0,364. Da beim Wiederauflösen in Chlorwasserstoffsäure Chlor entwickelt und aus der Lösung mit salpetrigsaurem Kali ein gelber Niederschlag gebildet wurde, so enthält das Nickeloxyd Kobalt. Es wurde daher von Neuem in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, die Lösung mit salpetrigsaurem Kali im Ueberschuß versetzt, der dadurch gebildete Niederschlag — ein aus salpetrigsaurem Kali und Kobaltoxyd bestehendes Doppelsalz — abfiltrirt und das Filtrat abermals mit Aetzkali gefällt ¹⁾. Dieser Niederschlag, getrocknet und geglüht, wog 0,329 Grm. = 0,2589 *Nickel*. Aus dem gelben Kobaltniederschlag wurden 0,0348 Kobaltoxyd = 0,0273 *Kobalt* erhalten.

1) Indem wir durch die Chlorentwicklung beim Auflösen in Salzsäure die Gegenwart von Kobalt erkannten, und zur Scheidung desselben vom Nickel schreiten wollten, erinnerte ich mich einer vor langer Zeit (1830) gemachten Beobachtung, nach welcher salpetrichsaures Kali das Kobalt aus der Auflösung als ein gelbes unlösliches Pulver — ein Doppelsalz — niederschlägt. Da ich nun bei einer näheren Untersuchung fand, daß diese Reaction des salpetrichsauren Kalis vollkommen dazu sich eignet, um Kobalt von Nickel vollständig zu trennen, so wandten wir dieses Verfahren bei unserer Untersuchung an. Dieses Verfahren zeichnet sich sowohl durch seine Einfachheit als Leichtigkeit vor allen anderen aus, indem es einzig und allein darin besteht, daß man zu der salpeter- oder salzsauren Auflösung beider Metalle eine gesättigte Auflösung von salpetrigsaurem Kali im Ueberschuß setzt, wodurch sofort oder nach einiger Zeit — je nach der Concentration der Auflösungen — der größte Theil des Kobalts gefällt wird. Um vollends jede Spur abzuschneiden, wird die Flüssigkeit bei gelinder Wärme zur Trockne verdampft, und der Rückstand in Wasser, mit etwas Aetzammoniak versetzt, aufgelöst. Das Kobalt bleibt dann als gelbes Pulver ungelöst. Ueber das Nähere dieser Scheidung, die Natur dieses Doppelsalzes, so wie über salpetrigsaure Salze überhaupt in der Folge. *F.*

2) Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure.

2 Grm. wurden mit einem Uebermaafs von mäfsig verdünnter Salzsäure ohne Anwendung von Wärme digerirt, bis keine Einwirkung mehr wahrgenommen wurde. Es blieben einige wenige schwarze Flocken ungelöst, welche durch Abgiefsen der Auflösung von Wasser, Absetzenlassen und Abgiefsen von dem Aufgelösten getrennt, endlich auf Platinblech gebracht, darauf eingetrocknet und bis zum Glühen erhitzt wurden. Als das Blech glühte, war ein schnelles Verglimmen (folglich Kohlenstoff) sichtbar, und ein äufserst geringer grauer Rückstand (Kieselsäure) auf dem Blech zurückgeblieben.

Die salzsaure Lösung wurde mit Schwefelwasserstoffgas angeschwängert und lose bedeckt an einen warmen Ort 24 Stunden lang gestellt. Nach dieser Zeit hatte sich eine geringe Menge eines schmutzig bräunlichweissen Niederschlags auf dem Boden des Gefäßes angesammelt. Die darüber stehende klare Flüssigkeit wurde abgegossen, der Niederschlag auf ein Filter gesammelt, mit Schwefelwasserstoffwasser, wozu ein wenig Salzsäure gesetzt war, ausgesüfst, und endlich auf dem Filter selbst mit Ammoniumsulfhydrat behandelt, wodurch er mit Hinterlassung eines geringen schwärzlichbraunen Rückstands aufgelöst wurde. Letzterer wurde auf demselben Filter mit etwas mäfsig verdünnter erwärmter Salpetersäure übergossen, die salpetersaure Flüssigkeit in einem Uhrglase bei gelinder Wärme eingetrocknet, der Rückstand hierauf mit Aetzammoniak versetzt, ein Tropfen aufgelöstes Blutlaugensalz zugefügt und das Ganze sich selbst überlassen. Nach mehreren Stunden trat eine sehr deutlich wahrnehmbare Abscheidung von Kupfereisencyanür ein, folglich *Kupfer* ¹⁾).

1) Unter allen Reagentien für Kupfer habe ich das Kaliumeisencyanür, in der angegebenen Art angewandt, als das empfindlichste und sicherste gefunden, wodurch die geringsten Spuren in der Auflösung der verschiedensten Metallsalze zu entdecken sind. Die Auflösung, in welcher man Spuren von Kupfer vermuthet, wird nämlich mit Aetzammoniak versetzt und mit einer geringen Menge Kaliumeisencyanürlösung versetzt. Un-

Die geschwefelte ammoniakalische Flüssigkeit wurde eingetrocknet, der Rückstand mit Soda gemengt und ein Theil der Mischung auf der Kohle vor dem Löthrohr erhitzt. Die Entwicklung eines knoblauchartigen Geruchs war unzweideutig wahrnehmbar, folglich Arsenik.

Von der Eisenoxydauflösung wurde behufs der quantitativen Bestimmung des Eisens ein Theil, welcher 0,217 Grm. der Substanz entsprechend war, durch Salpetersäure oxydirt, darauf stark verdünnt und tropfenweise in einem Uebermaasse von siedender Ammoniakflüssigkeit eingetragen. Das Eisenoxydhydrat wurde gesammelt, ausgewaschen, getrocknet und geglüht. Es wog 0,285 Grm. Dieses giebt für 5,16 Grm. des Meteoreisens 6,773 Oxyd, = 4,7411 metallisches Eisen. Eine zweite gleiche Portion von der Eisenoxydauflösung wurde oxydirt, mit Ammoniak neutralisirt und mit bernsteinsaurem Ammoniak gefällt. Der gesammelte ausgesüßte und geglühte Niederschlag wog 0,285, also eben so viel wie im vorhergehenden Versuche.

3) Behandlung mit Alkalien.

1 Grm. von der gefeilteten Substanz wurde mit dem Fünffachen eines Gemisches aus gleichen Theilen reinen salpetersauren Kalis und kohlensauren Natrums gemengt und in einem silbernen Tiegel einige Zeit im glühenden Flusse erhalten. Die erkaltete Masse wurde mit Wasser gekocht, die Abkochung filtrirt und das Filtrat mit verdünnter Schwefelsäure übersättigt, wodurch es sich gelb färbte. Schweflige Säure brachte darin keine grüne Färbung hervor. Es wurde mit Ammoniak übersättigt, wodurch keine Trübung eintrat, darauf Schwefelwasserstoffgas eingeleitet und das Gemisch in einem verschlossenen Gefäße hingestellt. Nach mehreren Tagen hatten sich einige wenige bräunliche Flokken abgelagert. Sie wurden durch Abgießen und Filtriren

mittelbar ist natürlich keine Reaction wahrzunehmen, aber in dem Grade als in dem offenstehenden Gefäße das Ammoniak sich verflüchtigt, stellt sich die Röthung der Flüssigkeit und später auch die Abscheidung des Kupfereisencyanürs an den Wänden des Gefäßes ein. F.

von der Flüssigkeit getrennt, darauf in einigen Tropfen Salpetersäure gelöst, die Lösung mit etwas Soda eingetrocknet und in der Löthrohrflamme auf Platindraht erbitzt. Die Probe färbte sich blaugrün, folglich *Mangan*.

Die klare abfiltrirte Flüssigkeit wurde von Neuem mit Schwefelsäure übersättigt, bis auf die Hälfte verdunstet, abermals filtrirt, und das Filtrat mittelst einer ammoniakalischen Bittersalzlösung auf Phosphorsäure geprüft — es fand auch nach längerer Zeit keine Fällung statt.

Aus allem diesen geht hervor, daß das Meteoreisen von Braunau in seiner qualitativen und quantitativen Zusammensetzung die größte Aehnlichkeit mit dem von Bohumilz besitzt. Seine Bestandtheile sind, wie aus dem vorhergehenden hervorgeht, in 100 Theilen:

Eisen	91,882
Nickel	5,517
Kobalt	0,529
Kupfer	
Mangan	
Arsenik	
Calcium	
Magnesium	2,072
Silicium	
Kohlenstoff	
Chlor	
Schwefel	
	100,000. 1)

XIV.

1) Seit der Anstellung dieser Analyse hat sich noch die merkwürdige Thatsache ergeben, daß das Braunauer Meteoreisen nicht durchweg homogen ist, sondern Knollen von *Schwefeleisen* (worin — der Schles. Zeit. vom 14. Oct. zufolge — Hr. Prof. Fischer auch Kohle, Phosphor und Chrom gefunden) eingeschlossen enthält. Man verdankt diese Thatsache zunächst der Liberalität des Hrn. Prälaten Dr. Rotter, Abt der Benedictiner Abtei zu Braunau, welcher bereitwilligst gestattete von der zu Hauptmannsdorf gefallenen Masse Stücke für verschiedene Breslauer Institute, für Hrn. v. Humboldt und für die Berliner Mineralien-Sammlung abzusägen. Das letztere, recht bedeutende Stück enthält auch einen solchen Einschlufs.

(P.)

XIV. Ueber die Bildung einer blauen Oxydationsstufe des Platins, so wie einiger anderen Oxyde der edlen Metalle auf galvanischem Wege;

von Dr. Hittorf aus Bonn.

Nachdem Berzelius der Ansicht von De la Rive über die Natur des Ozons beigetreten, lenkt Schoenbein ¹⁾ die Aufmerksamkeit wieder auf die verschiedenen Umstände, unter denen der Sauerstoff am kräftigsten oxydirend aufzutreten pflegt. Mit Recht hebt er das Verhalten der Superoxyde hervor, deren zweites Sauerstoffatom als eines der stärksten Oxydationsmittel bekannt ist. Vor allen dürfte hier an die Superoxyde der Alkalien zu erinnern seyn, welche wohl jedes Metall anzugreifen im Stande sind. Seit ihrer Entdeckung durch Gay-Lussac und Thénard sind sie vielleicht nicht mehr zur Untersuchung gezogen worden, und dadurch etwas in Vergessenheit gerathen.

Ein sehr bequemes Mittel, dieselben zu erhalten und ihre Einwirkung auf die Metalle zu studiren, besitzen wir in der galvanischen Kette. Zersetzen wir nämlich die Sauerstoffsalze der Alkalien in geschmolzenem Zustande, so wird der negative Pol, aus welchem Metall er bestehen mag, sehr heftig angegriffen. Meine Beobachtungen erstrecken sich auf die leichtflüssigen Salze, auf die salpetersauren und chlorsauren, so wie auf die Hydrate der Alkalien. Dieselben erfordern im geschmolzenen Zustande keinen stärkeren Strom zur Zerlegung, als in wässriger Lösung. Schon zwei gewöhnliche kleine Grove'sche Elemente reichen hin, um die zu beschreibenden Erscheinungen hervorzurufen. Wendet man ein einziges an, so ist die Zersetzung, der Polarisirung der Elektroden wegen, sehr schwach. In der Regel benutzte ich, um die Wirkung zu verstärken, drei bis fünf Elemente. Das Salz befand sich in einem Porcel-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 71, S. 517.

lan- oder Silbertiegel über der Berzelius'schen Lampe im Flusse. Die Elektroden endlich waren dünne Streifen der verschiedenen Metalle.

Ich beginne mit dem Verhalten, welches die salpetersauren Salze während der Zersetzung zeigen. Wird der positive Pol von Platin gewählt, so entwickelt sich daran der Sauerstoff in großen Blasen, und zugleich zeigen sich die gelben Dämpfe der salpetrigen Säure. Am negativen Pol findet keine Gasentwicklung statt. Am heftigsten von den edlen Metallen wird das Platin hier oxydirt. Von der Platte fließt im Kali-Salpeter fortwährend eine tiefblaue Flüssigkeit ab; sie geht sogleich, wie sie die Streifen verläßt, in ein gelbes und grünes Oxyd über, welche beide, mit einander gemengt, im Salpeter suspendirt bleiben. Nach dem Erkalten zieht das Salz Feuchtigkeit an, und das grüne Oxyd verwandelt sich in das gelbe. Im salpetersauren Natron, in welchem die Oxydation weit schwächer stattfindet, erscheint die blaue Farbe heller und schöner, und gleicht ganz dem Berlinerblau. Aus diesem Oxyde entsteht hier nun das gelbbraune. Man darf bei diesem Versuche die Temperatur des geschmolzenen Salzes nicht zu hoch halten; am besten ist diejenige, bei der das Salz eben vollkommen flüssig geworden. In der Hitze, in welcher der Salpeter schon Sauerstoff abgibt, beobachtet man sowohl im Kali- als Natron-Salpeter, an der Platte wie im Salze nur das gelbbraune Oxyd.

Ist der negative Pol von Gold, so entsteht im Kali-Salpeter in hoher Temperatur eine grüne Flüssigkeit, welche aber nur an dem Streifen zu bemerken ist. Sobald sie abfließt, ist sie reducirt; braunes Gold bleibt im Salze verbreitet. Diese grüne Oxydationsstufe bildet sich nicht in niedriger Temperatur und im salpetersauren Natron. Es entsteht hier das schwarzviolette Oxyd, welches theilweise unzersetzt bleibt. Auffallenderweise haftet dasselbe sehr fest an den Wänden des Porcellantiegels, läßt sich nicht abwischen und widersteht dort der Zersetzung in der höchsten Temperatur, welche die Lampe giebt. Es färbt das

Innere des Tiegels violett; die Stellen, auf denen eine sehr dünne Schicht liegt, erscheinen roth.

Das Silber bildet als Kathode das schwarze Oxyd, welches sich in niederer Temperatur im Salpeter erhält, in höherer aber reducirt wird.

Die seltneren edlen Metalle standen mir nicht zu Gebot; ohne Zweifel werden sie ebenfalls oxydirt werden. Die unedlen Metalle bilden die gewöhnlichen Oxyde. Nur des Eisens will ich Erwähnung thun, da man vielleicht eine andere Oxydationsstufe unter diesen Umständen erwarten könnte. Es entsteht das gelbe Eisenoxyd (Fe) in grosser Menge. Unterwirft man das salpetersaure Natron der Zersetzung bei einer Temperatur, die möglichst niedrig ist, bei der also das Salz eben schmilzt, so erscheinen an der negativen Platte kleine gelbe Lichtfünkchen. Dieselben werden bedeutend grösser und zahlreicher, wenn man den Streifen nur so weit eintaucht, dass er die Oberfläche eben berührt. Es ist das Natrium, das sich einige Augenblicke metallisch erhalten kann und an der Luft verbrennt. Der eingetauchte Theil bedeckt sich in dieser Temperatur mit einer weissen Kruste von Natron.

Im salpetersauren Kali tritt das Kalium nicht unter diesen Umständen auf; dagegen erschienen im chlorsauren Kali am negativen Pole die Lichtpünktchen. Dasselbe zeigt sonst das ganz analoge Verhalten, taugt aber weniger dazu, jene Oxyde zu bekommen. Auch die Hydrate der Alkalien eignen sich nicht zu diesen Versuchen. An der Kathode findet in derselben eine fortdauernde Verbrennung des sich ausscheidenden Kaliums und Natriums statt. Die Platte wird nur an der Stelle oxydirt, welche die Oberfläche des geschmolzenen Salzes berührt. Hier findet sich nämlich nach einiger Zeit ein tiefer Einschnitt, ja der ganze eingetauchte Theil löst sich hier ab, wenn man den Strom lange genug durchleitet. Durch die Hitze werden die gebildeten Oxyde des Goldes und Silbers sogleich reducirt; vom Platin findet man das gelbbraune Oxyd. In möglichst niedriger Temperatur bleibt das Kalium einige Augenblicke metallisch;

es breitet sich wie Quecksilber über die Oberfläche des Salzes aus und verbrennt dann mit rother Flamme.

Am besten beobachtet man überhaupt die Oxydation, wenn man die negative Platte in der Flüssigkeit hebt und senkt, oder sie nur so weit eintaucht, daß sie dieselbe eben berührt. Zieht man den Streifen rasch aus der Flüssigkeit, so findet man ihn mit einer schön gelbrothen Schicht bedeckt, die besonders deutlich beim Silber auftritt. Sie nimmt aber sogleich die beschriebenen Farben an, indem sie das Metall oxydirt. Es ist dieß das Superoxyd des Alkalimetalles; seine Bildung bedingt eben die Oxydation der negativen Platte.

Die Zersetzung der Salze entspricht ganz der Theorie, welche Daniell gegeben. Durch den galvanischen Strom wird das salpetersaure Salz so zerlegt, daß die Säure und der Sauerstoff der Basis am positiven, das Metall am negativen Pole abgesondert wird. Erstere zerfällt dort in Sauerstoff und salpetrige Säure. Das Alkalimetall kommt ebenfalls in der Regel nicht zum Vorschein; es oxydirt sich sogleich auf Kosten des unzersetzten Salpeters bis zum Superoxyd. Das Salz zeigt, nachdem es der Zersetzung einige Zeit unterworfen, stark alkalische Reaction; mit Säure übergossen, entwickelt es Stickoxydgas, enthält also freies und salpetrigsaures Alkali. In den Hydraten entsteht aus dem Metall im Innern der Flüssigkeit nur Kali oder Natron; an der Oberfläche dagegen verbrennt dasselbe bis zum Superoxyd. Daher kann die Oxydation der Platte auch nur an dieser Stelle stattfinden.

Wenngleich die negative Platte sehr rasch aufgefressen wird, so ist es doch unmöglich eines der Oxyde der edlen Metalle, das gelbbraune des Platins ausgenommen, zur Analyse zu erhalten, da jene Veränderungen auf diesem Wege nicht zu vermeiden sind. Die blaue Platinverbindung erhält sich zuweilen beim raschen Herausziehen als dünne Schicht auf der Platte; gewöhnlich geht sie aber noch während des Erkaltsens in das gelbbraune Oxyd über. Die Beständigkeit des violetten Goldoxyds an den Tiegelwänden ist interessant für die Bildung des Rubinglases.

Die Oxydation, welche Platin, Gold und Silber im geschmolzenen Kalihydrat stets erleiden, beruht bekanntlich ebenfalls auf der Bildung des Superoxyds. Am Multiplikator verhalten sich die drei Metalle so, daß Silber am negativsten ist; dann folgt Gold und endlich Platin. Erhält man daher Kalihydrat in einem Silbertiegel einige Minuten im Schmelzen, und tauche dann einen Goldstreifen hinein, so wird derselbe ganz hübsch versilbert.

XV. *Ein neues Gasometer; von Wallmark.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus der *Oefversigt af Kongl. Vetensk. Acad. Förhandl.*, 1847, Jun. 9.)

Das vom Hrn. Verf. erfundene und der K. Academie vorgezeigte Gasometer hat folgende Einrichtung.

A (Taf. V, Fig. 6, 7, 8) ist ein auf Stellschrauben ruhender Träger von Gufseisen. Derselbe besteht aus einem Dreifufs mit den darin sitzenden Stellschrauben, ferner einer aufrechten Säule und zu oberst einer runden dicken Scheibe (Bricke). Scheibe und Säule haben einen durchbohrten Schacht a , und die Scheibe besitzt nahe an ihrem Umfang eine tiefe, nach unten etwas erweiterte Nuthe a , (Fig. 8), worin der Glaszylinder B eingekittet ist ¹⁾.

In den nach oben gekehrten Boden dieses Cylinders sind drei Löcher gebohrt. Im mittelsten und größten derselben sitzt eingekittet die Glasröhre C ²⁾, die an beiden

1) Der Kitt, dessen ich mich zu diesem Apparat bediente, besteht aus 8 Gewichtsthl. klaren Kolophoniums und 2 Th. weißen Waxes, die zusammengeschmolzen, und denen nun 4 Th. geschlämmten Eisenoxyds, und endlich, ohne weitere Erhitzung, 1 Th. venetianischen Terpenthins eingemengt wurden. Dieser Kitt ist zu dergleichen Behufe vortrefflich, aber ein damit gekitteter Apparat darf nicht starker Sonnenhitze oder einer anderen entsprechenden Wärme ausgesetzt werden.

2) In dem vorgezeigten Apparat hat diese Glasröhre 17^{mm},0 inneren und 19^{mm},0 äußeren Durchmesser.

Enden offen ist und mit dem unteren etwa 5^{mm} über der obersten Ebene des eisernen Fusses bleibt. Diese Röhre ist auf zwei gegenüberstehenden Seiten in Millimeter getheilt, und durch eingewogenes Quecksilber genau calibriert. Das Resultat dieser Calibrirung ist in eine Tafel gebracht, welche die Höhe des Quecksilbers in der Röhre für jedes Kubikcentimeter angiebt. Die Enden der Röhre sind den gegenüberliegenden Gradstrichen genau parallel. In einem anderen Loche desselben Bodens befindet sich eingekittet ein rechtwinklich gebogenes Stahlrohr *D* (Fig. 6, 9, 10). Dieses trägt an seinem äußeren Ende einen Stahlhahn *d*, dessen Zapfen in der Axe von zwei unter sich winkelrechten und einander treffenden Löchern durchbohrt ist; ferner trägt es ein horizontales Rohr *d*₁ und ein verticales *d*₂, wodurch man nach Belieben eine Gemeinschaft herstellen kann zwischen dem Inneren des Glascyinders und dem verticalen Rohr *d*₂, sobald der Hahn die Stellung α hat, oder zwischen diesem Rohr und dem horizontalen *d*₁, wenn man den Hahn in die Stellung β dreht. In jeder andern ist der Hahn geschlossen. Endlich ist in dem dritten und kleinsten Loche des Cylinders ein empfindliches und auf dem Glasstiel getheiltes Thermometer eingekittet ¹⁾.

- 1) Theils um eine vollkommene Dichtheit zu erhalten, theils um bei Füllung des Apparats mit Quecksilber alle Luft durch den Hahn *D* auszutreiben, theils weil das Thermometer nicht die Schmelztemperatur des Kittes ertrug, geschahen diese Kittungen auf folgende Weise: Nachdem die Röhre *C* mit umgebundenen Faden und Wachs an seine Stelle eingesetzt und am unteren Ende mit Kork befestigt worden, so daß es seine Lage nicht verändern konnte, wurden die anderen Löcher im Boden durch Holzstifte, welche noch ein Stück weiter als durch den Boden gingen, verschlossen. Der Cylinder wurde nun in geneigte Stellung gebracht, der Kitt eingethan und durch vorsichtige Erwärmung geschmolzen; vermöge der Neigung kam er nun in dickeren Lagen zu dem Thermometer. Während der Erstarrung des Kitts wurden die Holzstifte gezogen. In das eine Loch wurde nun mit Kitt der Hahn eingesetzt, und dessen Mündung bis weiteres mit einem dazu geformten Messingpfropfen mit langem Stiel verschlossen. Endlich ward auch das Thermometer eingesetzt, darauf wurden alle Undichtheiten durch einen an einem Ende erwärmten Metallstab fernerweitig verkittet, und das ganze Kittgewölbe in ebener Aufsteigung bis zur Hahnmündung gebildet.

Im oberen Theil der Säule des Eisenfusses befindet sich ein horizontales Loch mit Schraubenmutter, worin ein hohler Stahlzapfen *G* (Fig. 6, 7, 11) festgeschraubt ist. Derselbe hat querdurch ein Loch g_1 , welches mittelst eines längs der Axe gehenden Kanals g_2 mit dem Schachte communicirt; auch hat er eine ausgedrehte Rinne g_3 , und auf ihm steckt ein Stahlstück, welches mit der Handhabe h_1 gedreht werden kann und bei jeder beliebigen Stellung eine Gemeinschaft der Röhre h_2 mit dem Schachte a , gestattet. In die Röhre h_2 ist ein Glasrohr eingekittet, an das obere Ende dieses ein Stahlhahn *K*, und an letzteren wiederum ein kleiner Glastrichter *L* ¹⁾. *O* ist ein zugleich mit dem Thermometer eingekitteter Eisendraht, welcher, indem er durch einen kleinen Knopf *o* gegen die innere Glaswand federt, Festigkeit bekommt, und bei etwas verschiedener Höhe in zwei dünne Spitzen o_1 und o_2 ausläuft; a_3 sind zwei Löcher zum Reinigen des Apparats, welche durch Schrauben *P* verschlossen werden, und a_4 ist ein Loch zum Abzapfen, welches durch Schraube *N* verschlossen wird. Auf Tafel V haben die Figuren 6, 7, 8, 9, 12 ein Viertel der wahren Gröfse und Fig. 10, 11, 13 die volle Gröfse. Der vorgezeigte Apparat erfordert etwa 650 C. C. oder 21 schwed Pfund Quecksilber zum Füllen, und gestattet wenigstens 450 C. C. Gas zu messen.

Füllung des Apparats mit Quecksilber. Der Hahn *d* wird in die Stellung α gebracht und auch *K* geöffnet. Darauf gießt man in den Trichter *L* Quecksilber ²⁾, welches demnach zuerst den Schacht a_1 anfüllt. Wenn der Apparat zuvor leer ist, thut man wohl, etwas Quecksilber durch den Abzugskanal a_4 abfließen zu lassen, um sicher zu seyn, dafs keine Luft darin bleibe. Um zu verhindern, dafs Luft

1) Die Idee des Gebrauchs einer winkelrecht gebogenen Röhre zum Herauslassen vom Wasser oder Quecksilber bei Gasversuchen gehört bekanntlich Mohr (Pogg. Ann., Bd. 59, S. 139).

2) Der Verf. bedient sich als Quecksilberbehälter eines Glaszylinders mit einem Loch im Boden, worin ein Hahn mit Pfeife eingesetzt ist. Dieser Behälter steht auf einem Dreifufs neben dem Apparat.

durch die Röhre *J* eindringe, neigt man diese, bis Quecksilber herausfließt, verschließt nun den Hahn *K*, stellt die Röhre dann senkrecht, und öffnet hierauf den Hahn *K* beim Eingießen nicht eher als bis sich Quecksilber im Trichter befindet. Bei fortgesetztem Zugießen steigt das Quecksilber in den Cylinder *B* und in die Röhre *C*, bis es durch den Hahn *d* und durch das Loch *d*₂ auszufließen beginnt; dann schließt man den Hahn *d* und schafft das in der kleinen Röhre *d*₂ befindliche Quecksilber fort. Die Höhe des Quecksilbers in der Röhre *C* wird abgelesen, nachdem deren oberes ebengeschliffenes Ende mittelst der Stellschrauben des Apparats und mittelst einer auf dieses Ende gesetzten Dosenlibelle horizontal gestellt ist. Diese Einstellung ist bei allen Ablesungen am Rohre *C* nothwendig. Bei sehr genauen Bestimmungen wird die Temperatur des Quecksilbers aufgezeichnet.

Gas in den Apparat zu bringen und zu messen. Man schraubt die Stahlröhre *E* auf, wie Fig. 10 zeigt, und setzt sie in luftdichte Verbindung mit der Röhre, durch welche das Gas in das Gasometer gebracht werden soll; hierauf wird der Hahn *d* in die Stellung *a* zurückgedreht. Die gebogene Glasröhre *M* (Fig. 7) paßt man mit einem ihrer Enden, um welches ein Faden gewickelt ist, in den Hals des Trichters *L*, bringt die Röhre *I* mit der Handhabe *H* in eine geneigte Lage und öffnet den Hahn *K*; dann rinnt Quecksilber aus und saugt Gas in den Apparat. Nach beendeter Einsaugung verschließt man den Hahn *K*, nimmt die Röhre *M* fort, stellt *I* wieder vertical, und läßt nun Quecksilber ein- oder austreten, bis das Quecksilber in der Röhre *C* und in dem Cylinder *B* in gleicher Höhe steht, worauf man den Stand des Quecksilbers in der graduirten Röhre *C*, die Temperatur des Gases und den Barometerstand beobachtet. Durch Messung des ausgeflossenen Quecksilbervolums, wenn man davon dasjenige abzieht, welches sich, nach der zuvor erwähnten Calibrirungstabelle, in der Röhre über dem gegenwärtigen Niveau befand, erhält man das Volumen des Gases, welches nun auf 0° und den mittleren Ba-

rometerstand reducirt werden kann. Auch kann man das Quecksilber in der Röhre höher stehen lassen, und auf diese Weise so viele controlirende Versuche machen wie man will. Macht man wenigstens drei Beobachtungen bei verschiedenen Druckhöhen, so bekommt man sowohl den Barometerstand als das Volum des Gases bei dem mittleren Barometerstand, obwohl nicht so genau wie mit Hilfe eines guten Barometers. Durch Wiederfüllung des Apparats mit dem gemessenen Quecksilber, während das Gas herausgelassen wird, hat man die schärfste Controle für die Richtigkeit der Messung des Quecksilbers. Natürlicherweise kann das Volum auch bestimmt werden, wenn Luft oder ein anderes indifferentes Gas zuvor im Apparate war, aber obiges Verfahren muß befolgt werden, wenn man das Gas, wenigstens sehr nahe, ungemengt haben will. Wie das Gas ganz unvermengt erhalten werden könne, wird sich weiterhin zeigen.

Die Messung des Quecksilbers geschieht in einem Maafse, dessen Volum zu diesem Zweck durch Einwägung von Wasser oder Quecksilber bei einer gewissen Temperatur genau bestimmt worden ist. Hr. W. bedient sich dazu zweier Flaschen mit ab- und ebengeschliffenen Hälsen (von denen die eine 100^{cem},96 und die andere 26^{cem},71 faßt), so wie einer Röhre, die 5^{cem},0 faßt (alles bei +15° C.) und durch eingewägtes Quecksilber in Zehntel-Cubikcentimeter getheilt ist, so daß man 0,01 C.C. sicher abliest. Nachdem ein solches Maafs mit Quecksilber gefüllt worden, wird es von Luftblasen befreit (mittelst eines Eisendrahts an dessen Ende ein kleines Stück Fell winkelrecht gegen den Eisendraht befestigt ist), dann wieder gehäuft angefüllt und mit einem darauf gelegten ebenen Glasstück abgestrichen.

Zur qualitativen oder quantitativen Untersuchung eines Gemenges von Gasen, von denen eins oder mehrere sich absorbiren lassen, bringt man, nachdem das Volum des Gemenges wie oben bestimmt worden ist, einen gebogenen Eisendraht hinein (Fig. 12) ¹⁾, an dessen kürzeren Schenkel

1) Bunsen und Playfair schreiben in ihrem „Bericht über die aus Eisen-

eine Art Korb von Stahlfedern befestigt ist, der einen kleinen Cylinder von dem absorbirenden Körper enthält ¹⁾). Dieser Apparat wird in der Röhre *C* hinabgeschoben, bis er den Boden des Schachts erreicht, dann horizontal geführt, damit der absorbirende Körper seitlich der Unterkante der Röhre komme, und nun heraufgezogen, damit Letzterer in das Gas gelange. Während der Absorption wird Quecksilber nach Maafsgabe des Bedarfes abgelassen, und nach beendigter Absorption der absorbirende Körper herausgenommen. Das rückständige Volum wird auf schon genannte Weise bestimmt. Ist eine Detonation erforderlich, so kann man sie allmähig an geringen Portionen in einem kleinen Eudiometer bewerkstelligen, in welches man das Gas aus dem Gasometer durch eine mit *d*, communicirende Röhre leitet.

Als Beispiel der Anwendung des Apparats zu *organischen Elementar-Analysen, bei denen zugleich Stickstoff und Kohle zu bestimmen sind*, führt Hr. W. einen gemeinschaftlich von ihm und Hrn. L. Svanberg angestellten Versuch mit Schiefsbaumwolle an. Das Gasometer wurde bis 229^{mm},5 in der Röhre *C*. mit Quecksilber von 15°,6 gefüllt, der Hahn *d* in die Lage β gedreht und durch denselben geblasen, um ihn von darin gebliebenem Quecksilber zu be-

Höfen entwickelten Gase“ (*Report of the British Assoc. for the advancement of Scienc. f. 1845*) vor, den den Körper haltenden Eisendraht zu amalgamiren, und das außerhalb des Gases befindliche Ende des Drahts in Quecksilber zu halten, um Adhäsion der Luft und Endosmose zu vermeiden. Diefs habe ich hier nicht beobachtet, weil der in dem Apparat angewandte Eisendraht winkelrecht gegen seine Länge grob angefeilt war, wodurch die feinen Kanäle, welche sich längs einem Drahte im Zieheisen bilden, fortgeschafft wurden; auch habe ich keinen Gastransport längs diesem Drahte bemerkt.

1) In einer zu diesem Zweck aus zwei Stücken gebildeten und inwendig verzinneten Form von Messing wurde Kalihydrat, so wie auch Chlorcalcium, die bei nicht zu hoher Temperatur geschmolzen worden, ausgegossen. In dieser Form kann auch das von Bunsen für (l. c.) als Aufsaugungsmittel für Schwefelsäure vorgeschriebene Kohlengemenge, das auch zur Absorption von Kohlenwasserstoff dienlich ist, zusammengepackt werden.

freien; dann wurde er geschlossen und die Röhre *E* aufgeschraubt. In die Verbrennungsröhre wurden 0sm,5208 Schiefsbaumwolle mit Kupferoxyd und metallischem Kupfer eingebracht, dann die Röhre fast luftleer gepumpt und zugeschmolzen. Die Verbrennungsröhre wurde an den äußersten Spitzen der ausgezogenen Enden mit einer Feile geritzt, darauf mittelst Kautschuckröhren in Verbindung gesetzt: an einem Ende mit dem Apparat bei *E* und an dem andern mit einem Chlorcalciumrohr (doch mit einem eingeschalteten Hahn), welches an seinem anderen Ende mit einem Kohlensäuregas-Apparat in Verbindung stand, aus welchem die Luft ausgepumpt worden war. Nachdem die Spitzen der Verbrennungsröhre innerhalb der Kautschuckröhren abgebrochen worden, wurde Kohlensäuregas in die Verbrennungsröhre geleitet, und darauf der Hahn *d* wieder in die Lage β gedreht, so daß das Kohlensäuregas durch die Röhre *d*₁ ausströmen mußte; letztere war mit einem in Wasser geleiteten Glasrohr verbunden, wodurch man die Schnelligkeit der Kohlensäureentwicklung beobachten und darnach mittelst eines Hahns am Kohlensäuregas-Apparat reguliren konnte. Nachdem man glaubte, das Kohlensäuregas sey hinreichend lange durchgestrichen, sperrte man die Gemeinschaft mit dem Chlorcalciumrohr ab und drehte den Hahn *d* in die Lage α . Nun bewerkstelligte man die Verbrennung und zapfte das Quecksilber ab, in dem Maasse als es durch das entwickelte Gemenge von Kohlensäure und Stickgas ersetzt wurde. Nach dem Schluß der Verbrennung, welcher sich dadurch sehr scharf zu erkennen gab, daß das Quecksilber in der Röhre *C* unbeweglich stand, wurde der Hahn *d* verschlossen und das Quecksilber in der Röhre auf gleiche Höhe mit dem im Glascylinder gebracht; dieß geschah bei 59^{mm},5 als die Temperatur des Gases +21°,8 C. und der Barometerstand 769^{mm},02 bei 0° war. Mittelst des Apparats Fig. 12 wurde mit Wasser angefeuchtetes Fließpapier eingeführt, um das Gasgemenge mit Feuchtigkeit zu sättigen, falls das bei der Verbrennung entwickelte Wasser dazu nicht hinreichend gewesen seyn sollte; das Queck-

silber blieb aber unverrückt. Es waren nun 383^{cem},93 Quecksilber aus dem Gasometer genommen.

Als der Apparat voll Quecksilber war, stand dieses in der Röhre *C* bei 229^{mm},5 und sie enthielt 48^{cem},23; nach der Verbrennung stand es bei 59^{mm},5 und sie enthielt 12^{cem},12. Wird der Unterschied 36,11 von den obigen 383,93 abgezogen, bleiben 347^{cem},82 übrig, als Volum des mit Feuchtigkeit gesättigten Gasgemenges bei +21°,8 und 769^{mm},02 Barometerstand. Wenn von diesem Barometerstand die Spannkraft des Wasserdampfs für letztere Temperatur oder 19^{mm},45 abgezogen wird, bleiben 749^{mm},57 für die Spannkraft des trocknen Gasgemenges, dessen Volum bei 0° und 760^{mm},0 wird $= 347,82 \frac{749,57}{760} (1 - 0,00370 \times 21,8)$ 1) $= 315^{\text{cem}},38$. Diefs ist nun das bei der Verbrennung der Schiefsbaumwolle gebildete Volum von Kohlensäure- und Stickgas plus demjenigen Theil des vor der Verbrennung die Zwischenräume der Verbrennungsröhre füllenden Kohlensäuregases, welchen die Hitze in das Gasometer trieb, minus der kleinen noch in derselben Röhre zurückgebliebenen Menge Stickgas.

Um die letzte Portion Stickgas in das Gasometer zu treiben, liefs man etwa 65^{cem},0 Kohlensäuregas aus dem Kohlensäure-Apparat durch die Verbrennungsröhre streichen und nebst dem letztgenannten Stickgas in das Gasometer treten; dann schlofs man den Hahn *d* und trennte das Verbrennungsrohr vom Gasometer ab. Nun wurde mittelst des Apparats Fig. 12 eine Stange Kalihydrat in das Gas gebracht, mußte aber ab und zu herausgezogen, vom kohlensauren Kali gereinigt und zur Beschleunigung der Absorption befeuchtet werden. In dem Maafse als die Absorption vorschritt, wurde Quecksilber nachgegossen. Nach beendigter Absorption und nachdem endlich noch zur vollen Trocknung des Gases ein Stück trocknes Kalihydrat in dasselbe gesteckt worden, wurde der Quecksilberstand

1) Die Ausdehnung des Kohlensäuregases für jeden Grad ist bekanntlich nach Regnault 0,003715, die der Luft 0,003663.

in der Röhre und dem Cylinder auf 159^{mm},7 gebracht. Die Temperatur des Gases war jetzt +15°,7 und der Barometerstand = 762^{mm},83 bei 0°.

Nun gab man dem Hahn *d* die Stellung *a* und füllte den Apparat mit 75^{ccm},86 Quecksilber; es stand in der Röhre bei 229^{mm},8. Das innere Volum der Röhre bei 229^{mm},8 ist 48^{ccm},29, und bei 159^{mm},7 ist es 33^{ccm},40. Zieht man den Unterschied 14^{ccm},89 von obigen 75^{ccm},86 ab, so erhält man das Volum des Stickgases = 60^{ccm},97 oder reducirt auf 0° und 760^{mm} = 60,97 $\frac{762,83}{760} (1 - 0,00366 \times 15,7) = 57^{\text{ccm}},68$ 1).

Der leere Raum der Verbrennungsröhre vor Anfang der Verbrennung war mit Kohlensäuregas gefüllt, die ungefähr auf 15^{ccm} zu schätzen ist. Nach der Verbrennung, wenn man die Temperatur zu 500° annimmt, enthielt derselbe

Zwischenraum nur $\frac{15}{1 + 0,0037 \times 500} = 5^{\text{ccm}},3$ Kohlensäuregas bei 0°; der Unterschied 9^{ccm},7 bestand aus Kohlensäure und Stickgas, wovon $\frac{315,38 - 57,68}{315,38}$ oder 7^{ccm},9 Koh-

lensäure war, die aus dem Kohlensäure-Apparat gekommen. Das Volum der bei Verbrennung der Schiefsbaumwolle entwickelten Kohlensäure ist folglich nur 257,7 - 7,9 = 249^{ccm},8 2).

Wäre die Verbrennungsröhre vor der Operation gewägt worden, erst mit Luft und dann luftleer, oder auch erst luftleer und dann mit Kohlensäuregas gefüllt, und wäre in Liebig's Ofen die gewöhnliche Temperatur mit einer ähnlichen Röhre, als Pyrometer angewandt, ein für alle Mal ungefähr ermittelt worden, so würde die Unsicherheit, die jetzt noch in der Bestimmung der Kohlensäure liegt, auf diese Weise wahrscheinlich auf eine sehr unbedeutende Menge reducirt worden seyn; allein es wurde hieran erst nach vollzogener Operation gedacht, da keine Zeit zur Wie-

1) 57^{ccm},68 zu 1,2618 = 72^{mg},78, was auf 520^{mg},8 macht 13,98 Proc. Stickgas.

2) 249^{ccm},8 Kohlensäuregas zu 1^{mg},9750 wiegen 493^{mg},4, wovon die Kohle beträgt 0,27304 oder 134^{mg},7, was auf 520^{mg},8 macht 25,87 Proc. Kohle.

derholung des Versuches übrig war. Der Stickstoff ist dagegen unabhängig von dem Volum der Verbrennungsröhre, angenommen das Kohlensäuregas habe die Verbrennungsröhre vollständig ausgewaschen.

Außer seiner Eigenschaft als eigentliches Gasometer kann der Apparat auch benutzt werden als Messer der Spannkraft des Wasserdampfs, als Hygrometer, Barometer etc.

Es ist jedoch eine größere Menge Versuche erforderlich, ehe man die Tauglichkeit des Apparats zu diesem physikalischen Behufe beurtheilen kann. Der Verf. hatte einige Versuche zu diesem Zweck begonnen; da er sie aber durch eine längere Reise unterbrechen mußte, so beschränkt er sich darauf die Art anzudeuten, wie das Gasometer zu solchen Anwendungen benutzt werden kann, hoffend, die Resultate seiner Untersuchungen künftig der Academie vorlegen zu können.

Zur *Messung der Spannkraft von Dämpfen* bei gewöhnlicher Temperatur der Luft wird trockne Luft in das Gasometer eingeschlossen, und das Quecksilber im Cylinder und in der Röhre *C* auf gleiche Höhe gebracht. Dann läßt man ein gebogenes Glasrohr mit capillarer Spitze, welches die auf ihren Dampf zu untersuchende Flüssigkeit enthält, in die Röhre hinab, so daß die capillare Spitze seitwärts unter den Rand der Röhre zu stehen kommt, und schafft nun, entweder durch vorsichtiges Hineinblasen oder mittelst eines kleinen Druckkolbens im langen Schenkel der Röhre, die Flüssigkeit auf die Oberfläche des Quecksilbers im Cylinder, wo sie nun verdunstet, und ihr Dampf das Quecksilber in der Röhre *C* ein Stück hinaufdrückt, welches die Spannkraft des Dampfes für die vom Thermometer angezeigte Temperatur angiebt.

Eben so dient der Apparat als *Hygrometer*, und zwar auf zwei einander controlirende Weisen. 1) Wenn man in die in das Gasometer eingesogene und daselbst abgesperrte Luft von der Spannung der Atmosphäre eine Stange geschmolzenen Chlorcalciums bringt, nach vollendeter Austrocknung derselben das Chlorcalcium herausnimmt, und

Quecksilber einfüllt, bis die Oberflächen desselben wieder im Niveau stehen, so erhält man durch Rechnung die Spannkraft des Wasserdampfs. 2) Wenn man auf obgenannte Weise der abgesperrten Luft Wasser hinzugefügt, gelangt sie bald zum Maximo der Feuchtigkeit, woraus die gesuchte sich berechnen lässt, wenn die Temperatur bekannt ist. Bekanntlich ist Majocchi's Hygrometer ¹⁾ auf dieses Princip gegründet, obwohl es zu diesem Behufe vielleicht nicht so scharf ist als der in Rede stehende Apparat.

In der Eigenschaft als *Barometer* stellt dieser Apparat mit den eingesetzten Spitzen c_1 und c_2 ungefähr dasselbe Instrument dar, wie August's und Kopp's Differentialbarometer ²⁾. Obwohl nicht so tragbar, ist er doch vielleicht vollständiger als jenes, theils dadurch, weil das Thermometer immer bei Compression der eintretenden Luft die Temperaturerhöhung anzeigt, theils weil die Steigröhre C fast ohne Capillarität ist, theils auch endlich dadurch, dass der Coëfficient für die abgelesenen Differential-Barometerhöhen für jede Spitze hier ohne Vergleich mit einem Barometer, nur durch Messung der Volume, bestimmt werden kann.

XVI. *Callan's Volta'sche Batterie.*

Im diesjährigen Augustheft des *Philosoph. Magaz.* (Ser. III, Vol. XXXI, p. 81) hat Hr. N. J. Callan, Prof. der Physik am K. Collegium zu Maynooth in Irland, eine neue Volta'sche Combination beschrieben, die, namentlich zu technischem Behufe, alle Beachtung verdient, da sie äußerst kräftig ist und dabei sehr billig zu stehen kommt. Im Ganzen ist sie der bekannten Grove'schen nachgebildet, nur besteht das negative Metall, statt Platin, aus platinirtem Blei, und die dasselbe aufnehmende Flüssigkeit, welche natürlich

1) Poggend. Annal., Bd. 54, S. 148. — (Auch Regnault, Annal., Bd. 70, S. 530.)

2) Annalen, Bd. 40, S. 62 und Bd. 56, S. 513.

von der das amalgamirte Zink umgebenden Schwefelsäure durch einen porösen Thoncyliner getrennt wird, ist nicht reine Salpetersäure, sondern eine mit Schwefelsäure versetzte, am besten (wie Hr. C. sagt) ein Gemisch von 4 Gewichtsthl. concentrirter Schwefelsäure, 2 Th. Salpetersäure und 2 Th. gesättigter Salpeterlösung. Hr. C. hat diese Combination in ihren Wirkungen mit der Grove'schen verglichen, und findet, dafs sie dieser völlig gleich kommt, ja sie sogar noch etwas übertrifft.

Ich kann im Ganzen die Angabe des Hrn. C. nur bestätigen. Bei mehreren Versuchen, bei denen ich platinirtes Blei, blankes und platinirtes Platin successive in ein Gemisch von 2 Gwthl. concentr. Schwefelsäure und 2 Th. Salpetersäure von 1,34 Dichte, in eins von 4 Th. concentrirter Schwefelsäure, 2 Th. der genannten Salpetersäure und 2 Th. gesättigter Salpeterlösung, und in eins von 8 Th. concentrirter Schwefelsäure, 4 Th. jener Salpetersäure und 3 Th. Wasser stellte, erhielt ich, geringe Abweichungen übersehend, mit dem Blei dieselbe elektromotorische Kraft wie mit dem blanken und platinirten Platin, und dieselbe oder eher eine etwas höhere als mit Platin in reiner Salpetersäure von 1,34 Dichte. Auch zeigte der Strom, wenigstens während der Dauer mehrer Stunden, dieselbe Constanz wie der mit Platin. Dagegen habe ich von der Salpeterlösung keinen Vortheil gesehen (wie auch theoretisch zu erwarten stand), und ich vermuthe, dafs sie bei Hrn. C. nur als Verdünnungsmittel der Salpetersäure (deren Dichte er nicht angiebt) gewirkt habe, denn das erste der genannten drei Gemische giebt zwar eine hohe elektromotorische Kraft, aber wegen geringerer Leitungsfähigkeit nur einen relativ schwachen Strom, der, indem es Wasser aus der den Thontiegel umgebenden verdünnten Schwefelsäure aufnimmt, allmählig und stundenlang zunimmt, bis er endlich dem gleich wird, welchen das letzte jener drei Gemische liefert. Der Zusatz der concentrirten Schwefelsäure hat, ausser dem Vortheil, das Blei gegen den Angriff der Salpetersäure zu schützen (welches der Platinüberzug als lockeres Pulver nicht vermag), noch den recht schätzbaren, dafs er die Anwendung einer verdünnteren, sonst nicht mehr brauchbaren Salpetersäure gestattet. P.